

52^e jaargang

10'84

The background of the cover is a textured, aged surface with a prehistoric cave painting. The paintings are in earthy tones of red, orange, and brown. In the upper half, there are several human figures in various poses, some appearing to be dancing or in motion. In the lower half, there are depictions of animals, including what looks like a bison or a similar large animal on the left, and several smaller, more abstract animal shapes on the right.

natuur en techniek

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

Bij de omslag

De bergen in de Sahara verbergen honderden schilderijen die mensen daar ooit op de rotswand gemaakt hebben. Voorstellingen zijn vaak groepen mensen en dieren, die in hun dagelijkse bezigheden zijn neergezet. Veel gebruikte kleuren zijn oker, rood of violet, terwijl de figuren vrij traditioneel, maar toch met een gevoel voor spontaniteit en inventiviteit zijn geschilderd. De silhouettes zijn maar enkele centimeters hoog. Zie verder het artikel over grottschilderingen in de Sahara op pag. 754 e.v.

(Foto: J.D. Lajoux, Parijs).

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht. Redactie en Administratie zijn te bereiken op:
Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Telefoon: 043-54044*.
Voor België: Tervurenlaan 62, 1040-Brussel. Telefoon: 0031-4354044.
Advertentie-exploitatie: D. Weijer. Tel. 05987-23065.

Hoofredacteur: Th.J.M. Martens.

Redactie: Drs. H.E.A. Dassen, Drs. T.J. Kortbeek, J.A.B. Verduijn.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Oldé Juninck.

Redactiemedewerkers: Drs. J.H. Frijlink, A. de Kool, Drs. Chr. Titulaer en Dr. J. Willems. Wetenschappelijke correspondenten: Ir. J.D. van der Baan, Dr. P. Bentvelzen, Dr. W. Bijleveld, Dr. E. Dekker, Drs. C. Floor, Dr. L.A.M. v.d. Heijden, Ir. F. Van Hulle, Dr. F.P. Israël, Prof. dr. H. Janssens, Drs. J.A. Jasperse, Dr. D. De Keukeleire, Dr. F.W. van Leeuwen, Ir. T. Luyendijk, Dr. C.M.E. Otten, Ir. A.K.S. Polderman, Dr. J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr. A.F.J. v. Raan, Dr. A.R. Ritsema, Ir. G.J. Schiereck, Dr. M. Sluysen, Prof. dr. J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof. dr. W. J. van Doorenmaalen, Prof. dr. W. Fiers, Prof. dr. J. H. Oort, Prof. dr. ir. A. Rörsch, Prof. dr. R. T. Van de Walle, Prof. dr. F. Van Noten. De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-v.d. Heuvel, M. Verreijt.
Druk.: VALKENBURG offset, Echt (L.). Telefoon 04754-1223*.

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR en TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), DIE UMSCHAU (D), SCIENZA E TECNICA (I) en TECHNOLOGY IRELAND (EI), met de steun van het Directoraat-generaal Informatiemarkt en Innovatie van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto): Voor Nederland, resp. België: f 89,50 of 1725 F. Overige landen: + f 35, — extra porto (zeepost) of + f 45, — tot f 120, — (lucht-post). Losse nummers: f 8, — of 150 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari of per 1 juli, doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar. Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen: Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.
Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.
Bankrelaties: Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.
Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publicaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

ISSN 0028-1093

Een uitgave van



Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.

EURO
ARTIKEL





Jean-Pierre Roset - Rotstekeningen in de Sahara - Kunst verzand.
Ooit was de Sahara bewoond door een volk dat ons een groot aantal grotsschilderingen heeft nagelaten. De menselijke figuren met hun 'ronde hoofd', de grote kudden en de raadselachtige composities genieten grote faam. Zij getuigen van een cultuur die nu nog voor een deel door herdersvolken buiten de Sahara herkend wordt. Toen de Sahara droger werd, verdwenen de mensen met hun kunst.



F.H.M. Mikx - Tandvleesontsteking - 'Dierkens' in de mondholte.
Antoni van Leeuwenhoek nam met zijn zelfgebouwde microscopen dingen waar, die bijvoorbeeld in de tandheelkunde nu nog vragen oproepen. Zo ontdekte hij dat in de mond veel micro-organismen ('levende dierkens') voorkomen. Nog steeds weet de moderne tandheelkunde niet of bepaalde micro-organismen normaal in de mond voorkomen, schadelijk zijn, dan wel bescherming tegen infecties bieden.



Willem de Ruiter - Laserwapens - Een kostbare illusie

In de Verenigde Staten loopt een ambitieus programma voor de ontwikkeling van laserwapens. 'Dodende stralen' worden daardoor realiteit. De meest spectaculaire toepassing is de laser aan boord van een satelliet in de ruimte. Deze moeten de verdediging tegen intercontinentale raketten dragen. Ook toepassingen in de atmosfeer worden onderzocht. Er is echter twijfel of deze wapens praktisch bruikbaar zijn.



T.E.W. Feltkamp - Auto-immuniteit - Ben 'ik' 't nou . . . of niet.

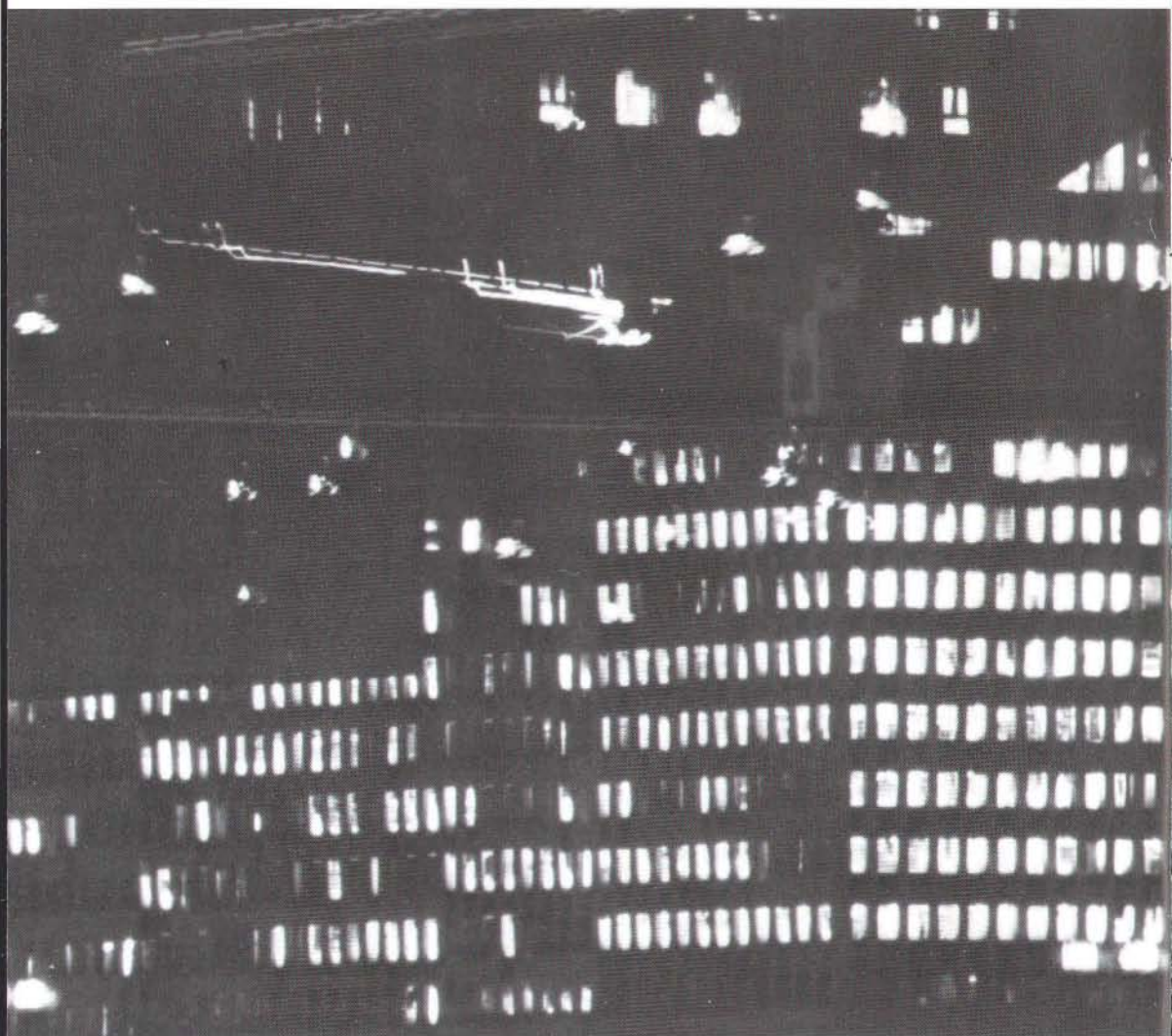
Het lijkt vanzelfsprekend dat als bij iemand bloed afgenomen wordt, dit zonder meer aan dezelfde persoon weer toegediend kan worden. Dat komt omdat de mens geen antistoffen tegen zijn eigen bloedgroepen maakt. Het immunologische systeem moet dan wel in staat zijn de eigen bloedcellen van vreemde te onderscheiden. Als dit mechanisme faalt, kan afweer tegen delen van het eigen lichaam ontstaan.



Jouke van der Baan - Waterstraalvoortstuwing - Varen op een pomp.

De voortstuwing van motorschepen geschiedt bijna uitsluitend door middel van schroeven. Andere systemen zoals het schoepenrad zijn zeldzaam en achterhaald. Op één na: de waterjet, waarbij water ingelaten wordt dat via een pomp, aan de achterkant versneld naar buiten geblazen wordt. Het is al een oud principe dat echter steeds meer moderne toepassingen vindt.

Als u op aardgas wilt bezuinigen, m



Wij Nederlanders beschikken over een fikse voorraad aardgas. Toch weet iedereen dat we daar zuinig mee om moeten gaan: voor de eigen portemonnaie en omdat het altijd een slechte zaak is een goed produkt te verkwisten.

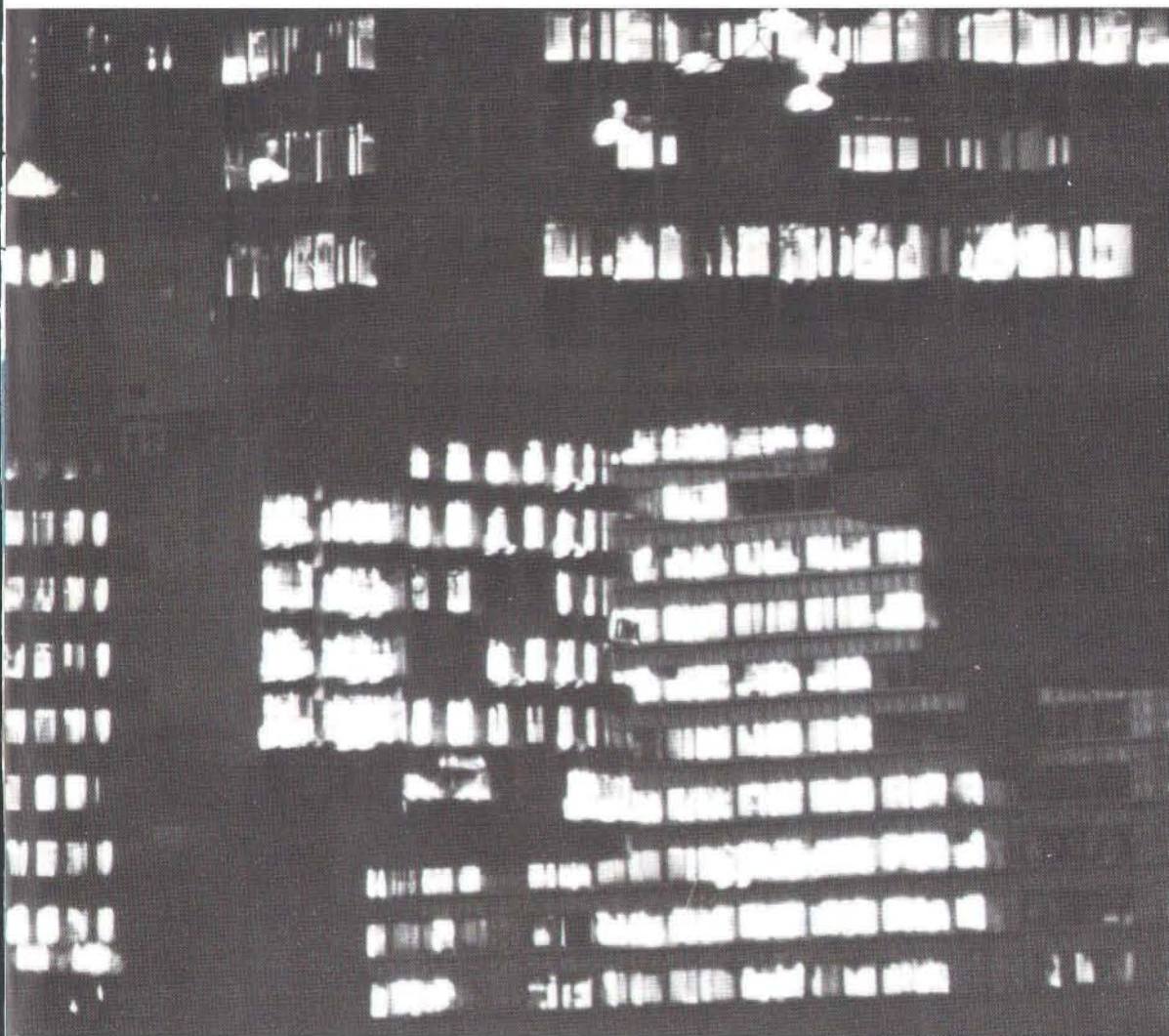
Vandaar, dat velen van ons op hun stookgedrag letten, geen warmte laten ontsnappen en deskundig isoleren.

Maar bijna niemand weet dat er het hele jaar ook op aardgas kan worden bezuinigd door wat minder licht te laten branden.

Ons aardgas is in goede

DE GASUNIE DRAAGT ZORG VOOR DE AARDGASVOORZIENING DOOR INKOOP, TRANSPORT EN VERDELING

oet u eens een paar lampen uitdoen.



De elektriciteit die wij met z'n allen van de centrales betrekken, komt voor 60% uit aardgas. Wie het licht niet onnodig lang laat branden, bespaart dus op aardgas.

Misschien wilt u meer weten over de manieren die niet zo voor de hand liggen om minder aardgas te verbruiken. Stuur dan de bon hiernaast, ingevuld met uw naam en adres, in een open gefrankeerde envelop naar N.V. Nederlandse Gasunie, Postbus 19, 9700 MA Groningen. Dan ontvangt u het boekje 'Aardgas en wonen'.



handen bij de Gasunie.

PORT, VERKOOP EN HET BEVORDEREN VAN EEN DOELMATIG GEBRUIK VAN AARDGAS.

Elektriciteit, voor 60% opgewekt met aardgas.

10

Zend mij het boekje 'Aardgas en wonen'.

Naam: _____ M/V

Adres: _____

Postcode: _____

Woonplaats: _____

U kunt het ook verkrijgen via de lokale/
regionale gasdistributiebedrijven.

Oceanen

A. Couper (ed.), *The Times Atlas of the Oceans*. Times Books, London, 1983, 271 pag.; Prijs f 162,50. ISBN 0-7230-0246-0.

De wereldzee komt er doorgaans bekaaid af in de standaard atlasen. Een weergave van de bodemtopografie, op zijn best nog aangevuld met een indicatie van de oppervlakte-stromen, is dikwijls alles wat er te vinden valt. Dat heeft ongetwijfeld te maken met het feit dat het menselijk bestaan zich nu eenmaal grotendeels op het land afspeelt, in het bijzonder het economisch leven dat voor kort, wat de zee betreft, zich beperkte tot de visserij en zeevaart. Dat beeld is de laatste tientallen jaren veranderd. De zeebodem is een belangrijke leverancier van fossiele brandstoffen en mineralen geworden. De visserij heeft een commerciële bedrijfsvoering gekregen die doet denken aan de grootschalige agrarische productie op het land. Met het economisch belang is het politiek-strategisch belang van het zee-oppervlak zodanig toegenomen dat binnenkort van Hugo de Groot's 'mare liberum' niet veel meer over is.

Telt men daarbij op dat de menselijke activiteiten op het vaste land de zee niet meer onberoerd laat (de vervuilingproblematiek, de veranderende koolzuurhuishouding waarin het oceaanreservoir een zeer belangrijke rol speelt) dan ligt het voor de hand dat het juiste moment is aangebroken om een atlas het licht te doen zien waarin nu die andere 71 procent van het aardoppervlak het volle pond krijgt. De *Times Atlas of the Oceans* is in feite de tweede poging om voor een groot publiek een lacune te dichten. Eerder werd de *Mitchel Beazley Atlas of the Oceans* uitgegeven (in Nederlandse vertaling uitgebracht

door Zomer en Keuning in Wageningen onder de titel 'De Oceanen', maar thans uitverkocht).

De *Times Atlas of the Oceans* is meer dan een verzameling kaarten met legenda. De begeleidende tekst neemt evenveel ruimte in beslag. De indeling van de rubrieken en hun relatieve omvang laat zien dat bij deze atlas, meer dan bij de hiervoor genoemde *Beazley Atlas*, het maatschappelijk belang van de wereldzee op de voorgrond staat en het natuurwetenschappelijk aspect daaraan ondergeschikt is gemaakt, zij het dat toch nog altijd een kwart van de inhoud, het eerste deel, aan dit onderwerp is gewijd.

Het sterke punt van de atlas ligt naar mijn mening echter in de hoofdstukken die daarop volgen waarin achtereenvolgens aan de orde komen: de wereldzee als hulpbron voor voedsel, brandstoffen en mineralen, de rol van de oceanen in de wereldhandel en het handelsverkeer en tenslotte de politieke en strategische aspecten van uiteenlopende aard zoals vervuiling door olie, recreatie etc. en de controle daarop, de natuurbescherming, de maritieme jurisdictie in het bijzonder in het licht van de 'Law of the Sea' en de maritieme strategie (waarbij o.a. de Falkland-oorlog als illustratie gebruikt wordt).

Door de breedte van het bestreken terrein moet daardoor in principe iedereen die om welke reden ook in de zee is geïnteresseerd aan zijn trekken kunnen komen. Rest de vraag of dat ook geldt voor de 'diepte' waarmee de diverse onderwerpen worden behandeld, voor de helderheid van de tekst en bovenal, het gaat tenslotte om een atlas, voor de kwaliteit van de kartografie.

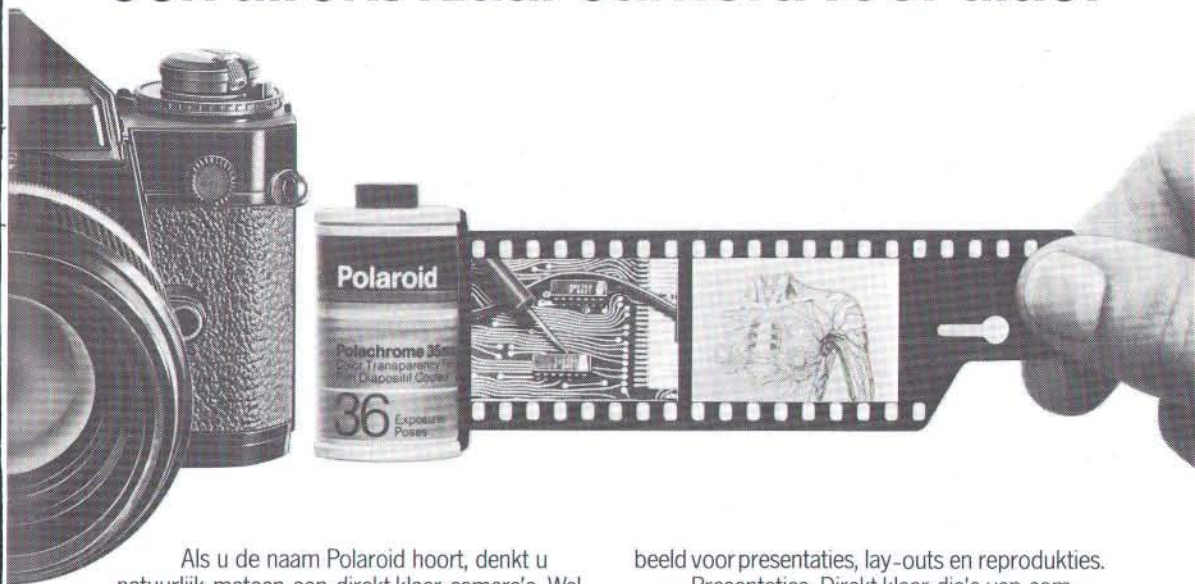
Om met dat laatste te beginnen moet ik zeggen dat de kwaliteit op nogal wat punten te wensen overlaat, zo niet beschamend is voor een uitgeverij met een kartografische traditie als die van de

Times. Eenvoudige kartografische regels worden met voeten getreden, zoals het in één kaart afdrukken van windsnelheid boven zee en neerslag op het vaste land waardoor men de indruk krijgt dat het boven land nooit waait c.q. op zee nooit regent.

Laten we overgaan naar de tekst. Voor het onderdeel dat ik het best kan beoordelen, 'het systeem oceaan-atmosfeer', ook hier geen rozegeur en maneschijn. De volgorde van de verschillende onderwerpen doet bijvoorbeeld geen coherent beeld ontstaan van de circulatie in oceaanbekkens en een verklarende tekst met voldoende diepgang die toch voor de algemene lezer begrijpelijk is, ontbreekt. Het is op dit punt dat ik niet ontkom aan een vergelijking met de eerder genoemde *Beazley Atlas*. Ook daar valt op de kartografie wel wat af te dingen, maar de teksten zijn onderwerp voor onderwerp van een uitstekend niveau. De reden van dit verschil tussen beide atlasen lijkt me duidelijk als men de lijsten van medewerkers vergelijkt. Bij de *Beazley Atlas* heeft men van ieder deelonderwerp de beste specialisten kunnen strikken. De *Times Atlas* heeft met minder grote namen genoegen genomen, welke dan bovendien een veel breder terrein moesten bestrijken. De conclusie derhalve: wie geïnteresseerd is in de rol die de wereldzee in het sociaal-economisch leven is gaan spelen zal ongetwijfeld veel van zijn gading vinden in de *Times Atlas*, ja zelfs onder de indruk komen simpelweg van de omvang van het gepresenteerde feitenmateriaal. Echter wie, zoals bij deze recensent, de interesse toch primair ligt bij het natuurwetenschappelijk aspect komt bij de *Times* iets te kort, al is het met de gedachte dat er een uitstekend substituuut bestaat.

Prof.dr. J.T.F. Zimmerman
NIOZ, Den Burg, Texel

Hoe maak je van een gewone camera een direkt-klaar camera voor dia's?



Als u de naam Polaroid hoort, denkt u natuurlijk meteen aan direkt-klaar camera's. Wel, vanaf nu mag u zich daar ook uw eigen kleinbeeld-camera bij voorstellen. Polaroid heeft sinds kort ook direkt-klaar dia's, die zich in niets onderscheiden van de dia's die u nu kent. Niet in kwaliteit en ook niet in formaat.

U plaatst de film in uw eigen camera en maakt uw opnamen. Daarna gaat de film in het handzame en handige ontwikkelapparaat (een donkere kamer is overbodig), en met behulp van het bijbehorende snij-/inraamapparaat hebt u binnen 3 minuten kant en klare dia's. Een kind kan de was doen.

En er zijn 3 verschillende direkt-klaar dia-films, waardoor de toepassingsmogelijkheden des te uitgebreider zijn. Zo is er de Polachrome CS, met een hoog scheidend vermogen en 'n bijzondere kleurgetrouwheid. De Polapan CT, zwart/wit, een panchromatische halftoonfilm met fijne korrel.

En de Polagraph HC, ook een panchromatische zwart/wit film met een hoog contrast, speciaal voor lijn- en kopieerwerk. Hiermee is het Polaroid direkt-klaar diasysteem geschikt voor:

De medische wereld. Direkt-klaar dia's voor diagnose, communicatie, dokumentatie bij vele medische technieken.

Wetenschap en techniek. Direkt-klaar dia's van resultaten vanaf het beeldscherm, wetenschappelijke instrumenten, microscopen en oscilloscopen.

Handel en industrie. Direkt-klaar dia's voor dokumentatie, berichtgeving, bij katalogiseren, presentaties en verzekeringsdoeleinden.

Beroepsfotografen. Direkt-klaar dia's als voor-

beeld voor presentaties, lay-outs en reproducties.

Presentaties. Direkt-klaar dia's van computer-monitors, originele documenten, foto's en grafische ontwerpen.

In alle gevallen geldt: informatie blijft net zo lang vertrouwelijk als u wilt, want u vervaardigt het materiaal in huis.

Wilt u de proef op de som nemen, maak dan gebruik van onderstaande coupon of bel ons aktie-telefoonnummer (020-809809).

Wij laten u dan weten bij welke fotohandelaar bij u in de buurt u een proeffilm kunt ophalen en na gebruik kunt laten ontwikkelen. Hij laat u dan in 3 minuten zien dat de kosten voor een eigen ontwikkel- en snij-/inraamapparaat (f279,- en f49,- excl. BTW), zich dubbel en dwars

 **Polaroid**
Nieuw: Polaroid direkt-klaar dia's.

Vul de coupon in en stuur 'm naar Polaroid, Antwoordnummer 100, 3600 VB Maarssen of bel ons aktie-telefoonnummer (020-809809). U ontvangt dan zo snel mogelijk het dichtstbijzijnde adres waar u 'n gratis proeffilm kunt ophalen en laten ontwikkelen.

Naam: _____
Adres: _____
Postcode/plaats: _____
Telefoon: _____
Beroep: _____ **NT**

Gratis proeffilm

De atol Aldabra

De atol Aldabra staat vermeld op de lijst van het wereldpatrimonium, opgemaakt door de UNESCO. Het is de grootste atol ter wereld, opgebouwd uit een geheel van levende en afgestorven koraalriffen en een ontzaglijke lagune met een aantal kleine eilandjes. Het leven onder water is er intens en uiterst kleurrijk.

Het ecosysteem van Aldabra is momenteel het enige in de wereld, waar een reptiel de belangrijkste herbivoor is: er leven meer dan 100.000 reuzenschildpadden.

Aldabra heeft een uitzonderlijk ornithologisch belang en is het woongebied van belangrijke kolonies fregatvogels, roodvoetgenten, noddy's en keurkringvogels. Er komen tevens enkele endemische soorten voor, zoals de witkeeral.

Over dit atol is een tentoonstelling ingericht in het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Vautierstraat 29, 1040 Brussel. Het instituut is alle dagen open van 9.30 u tot 12.30 u en van 13.30 u tot 16.45 u. De toegang is gratis. Voor inlichtingen: ☎ 02-6480475.

Marterachtigen in Nederland

In het Natuurmuseum Nijmegen wordt met ingang van 5 oktober 1984 de tentoonstelling 'Marterachtigen in Nederland' gepresenteerd. Deze tentoonstelling, die pas na 31 maart 1985 ook elders in Nederland te zien zal zijn, is een co-productie van het Natuurmuseum Nijmegen en de Vereniging Das & Boom. De Vereniging

Das & Boom is een landelijke natuurbeschermingsorganisatie die zich inzet voor de inheemse marterachtigen en hun leefgebieden.

De inheemse marterachtigen, waartoe behoren das, otter, steen- en boommarter, wezel, hermelijn en bunzing, leiden een bedreigd bestaan: waren in vroeger tijden jacht en stroperij de voornaamste dooddoeners, de laatste decennia is met name de aantasting van de leefgebieden de belangrijkste oorzaak van de achteruitgang van deze diersoorten. Met name de grotere leden van de marterfamilie, de das en de otter, hebben zeer te lijden van negatieve factoren zoals wegeaanleg, verkeer, verstedelijking, moderne ontwikkelingen in de landbouw, recreatiedruk en milieuverontreiniging. Zo worden jaarlijks meer dan honderd dassen in het verkeer doodgereden — een aantal dat ongeveer overeenkomt met de jaarlijkse aanwas. Het aantal otters is gedaald tot een welhaast fataal minimum.

Naast een presentatie van de marterachtigen, met hun specifieke kenmerken, leefwijze en territoriumgedrag, geeft de tentoonstelling een uitgebreid beeld van de voornaamste bedreigingen. Door middel van maquettes en een diaserie, wordt getoond hoe via een meer marter-vriendelijke inrichting en beheer van het landschap, deze diersoorten voor de toekomst kunnen worden behouden. Voorbeelden van een dergelijke inrichtingen zijn aanleg van rasters en tunnels langs en onder wegen ten behoeve van de das, het instellen van inrichten van rustgebieden, het behouden en aanleggen van kleinschalige landschapselementen als hagen, bosjes, wieden en dergelijke, alsook een adequaat onderhoud daarvan.

Het museum is geopend maandag t/m vrijdag 10.30 tot 17.00 uur en op zondag 13.00 tot 17.00 uur. Adres: Gerard Noodstraat 21, Nijmegen. ☎ 080-230749.

Egypte

Ditmaal niet mummies, farao's en antiek goud, maar de troffel van een metselaar, poten van een oud-Egyptisch bed, vazen van steen en pantoffels van riet. Dat wil zeggen voorwerpen die, te zamen met meer dan 300 andere het leven in het oude Egypte illustreren.

Dit alles is te zien in het Allard Pierson Museum, het oudheidkundig museum van de Universiteit van Amsterdam. Daar wordt het 50-jarig bestaan gevierd met een grote internationale tentoonstelling. Musea en particulieren uit Leiden, London, Parijs en Genève stonden zeldzame voorwerpen die deels nooit eerder getoond zijn, voor enige maanden af. Een reconstructie van een 'modaal' Egyptisch huis met zijn bescheiden meubels, potten en zaken als onder andere een bezem geven een indruk van het leven in het land van de Nijl omstreeks 1300 voor Chr. Het werk van de steenhouwer, de bronsgieter, de rietvlechter en de goudsmid wordt getoond, evenals staaltjes vakmanschap van het snijden in halfedelsteen. Ook is er speelgoed van kinderen.

De tentoonstelling loopt tot en met 6 januari 1985. Het museum is gevestigd tegenover het Rokin. Openingstijden: di t/m vr 10.00-17.00 uur; za en zo 13.00-17.00 uur; maandag gesloten. ☎ 020-5252556.

Jean-Pierre Roset ('Rotstekeningen in de Sahara') is Directeur de Recherche van het Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer in Niger. Hij houdt zich daar bezig met onderzoek van het Neolithicum in de Sahara.

Dr. F.H.M. Mikx ('Tandvleesontsteking') werd in 1943 te Rotterdam geboren. Van 1961 tot 1968 studeerde hij biologie in Nijmegen, waar hij in 1974 promoveerde. Vanaf 1970 is hij werkzaam als wetenschappelijk medewerker bij het Laboratorium voor Orale Microbiologie van de afdeling Preventieve en Sociale Tandheelkunde van de Katholieke Universiteit Nijmegen.

Ir. Willem de Ruiter ('Laserwapens') werd op 18 april 1949 te Ridderkerk geboren. Hij studeerde van 1967 tot 1978 natuurkunde in Delft. Van 1978 tot 1980 was hij leraar wis- en natuurkunde. Vanaf 1980 is hij wetenschappelijk medewerker aan de Afdeling der Technische Natuurkunde aan de TH Eindhoven, waar hij onderwijs in Natuurkunde en Samenleving geeft.

Prof. dr. T.E.W. Feltkamp ('Auto-immuniteit') werd op 22 augustus 1930 te Amsterdam geboren, waar hij van 1950 tot 1959 geneeskunde studeerde en in 1966 promoveerde. Vanaf 1960 is hij in verschillende functies verbonden aan het Centraal Laboratorium van de Bloedtransfusiedienst. Sinds 1975 is hij bijzonder hoogleraar in de immunologische aspecten van bindweefselziekten bij de Universiteit van Amsterdam. Daarnaast is hij buitengewoon hoogleraar in de ophthalmo-immunologie.

Ir. J.D. van der Baan ('Waterstraalvoortstuwings') werd op 2 maart 1939 te Haarlem geboren. Hij studeerde werktuigbouw aan de TH Delft. Van 1969 tot 1979 ontwikkelde hij dieselmotoren voor verschillende werven. Sindsdien is hij projectleider bij het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen. Hij is lid van Motor Technisch Colloquium en de Nederlandse Vereniging van Technici op Scheepvaartgebied.

Het grootste en het beste

Als Kenneth Boulding, een vooraanstaand Amerikaans econoom, gelijk heeft dan weten natuurlijk vrijwel alle lezers van dit blad wat autopseiose is. In een toch bij een keurige uitgever – Elsevier/Noord Holland – verschenen boek vertelt Boulding, dat autopseiose de geschiedenis in zal gaan als verreweg de belangrijkste wetenschappelijke ontdekking van de jaren '70. De ontdekking kan volgens hem zonder meer worden vergeleken met het werk van mensen als Gallilei en Einstein, maar de maatschappelijke implicaties zijn veel groter en eerder te vergelijken met de ontdekking van Amerika door Columbus.

Het klinkt naar tandpasta en wasmiddelen, meer dan naar wetenschap, waar auteurs elkaar al in de haren vliegen over de vraag of er onder de beschrijving van een echt baanbrekende ontdekking wel iets mag komen te staan als "it has not escaped our notice...".

Maar wat autopseiose ook verder precies is, een wasmiddel is het niet, noch een nieuwe huidcreme of een nieuw merk spelcomputer. Het heeft wel met die middelen gemeen dat het nu ook weer niet zo gloednieuw is. Het woord is nieuw, maar er zijn al eerder mensen geweest die hebben gewezen op het verschijnsel dat nu die fraaie naam heeft gekregen.

Maar dat neemt niet weg dat autopseiose het wistte wast; in de sfeer van dolgedraaide vergelijkingen verwijst de auteur naar Noormannen en Ierse monniken die ook al in Amerika waren geweest voordat Columbus daar aankwam, wat misschien niet onjuist, maar wel tamelijk onvolledig is, want als het om de ontdekking en kolonisatie van de Amerikaanse continenten gaat zal zelfs een Amerikaanse econoom moeten toegeven dat de Indianen dat al zeker 30 000 jaar voor zelfs Leif Eriksson hadden gedaan. De mensen die Columbus (en voor hem Eriksson en de Ierse monnik) op het strand opwachten en indigenis (ter plaatse geboren, inboorlingen, later verbasterd tot Indianen) werden genoemd stamden dan ook niet uit West-Europa maar waren vermoedelijk lang tevoren via de Beringstraat overgekomen uit wat thans de Sowjetunie is.

Zouden we de vergelijking mogen doortrek-

ken en aannemen dat autopsieose voor meneer Boulding een hele ontdekking is, maar dat er letterlijk hele volksstammen zijn die niet anders weten of het hoort zo?

En dan natuurlijk weer die arme Gallilei. Nog afgezien van de vraag of hij echt wel zo om zijn omvattingen is aangevallen – de betrekkelijk recente publikatie van de procesgegevens heeft stof gegeven voor heel andere opvattingen – de middeleeuwen door zijn er mensen aangeklaagd wegens afwijkende opvattingen, maar ook al zou er in één geval daarbij een klinkklare blunder zijn gemaakt, dan wil dat nog niet zeggen dat – afgezien van de in onze ogen wat ruwe manier om met afwijkende opvattingen om te springen – al die opvattingen van zgn. ketters de opperste wijsheid vormen.

Maar de fabel van Gallilei heeft een verwoestende uitwerking. Elke doctorandus die onzin te berde brengt meent zich te kunnen beroepen op die ene keer dat iemand achteraf gelijk heeft gekregen. Hoewel doctorandussen dat vandaag de dag natuurlijk helemaal niet kunnen, want in een vroeg stadium van de middelbare school hebben ze voor andere vakken dan geschiedenis moeten kiezen omdat ze anders boven het maximaal toegestane aantal vakken uitkwamen en dus weet de modale doctorandus helemaal niet wie Gallilei was. Het zijn dan ook vooral de oudere hoogleraren die ik bij gebrek aan andere argumenten om hun werk te verdedigen het voorbeeld van Gallilei heb horen aanroepen.

En Columbus was dan net die ene avonturier uit de honderden die er moeten zijn geweest, die niet verzoop of werd opgegeten. Er moet toch wel een grenzeloos optimisme onder mensen bestaan dat ze altijd zichzelf spiegelen aan een paar gunstige voorbeelden tussen de veel grotere voorraad andere (die, dat moet worden toegegeven, natuurlijk ook wat minder toegankelijk is).

Wanneer aldus het opgeklopte schuim wat uit 's heren Boulding's tekst is verwijderd, en de weerzin tegen een boek dat op die manier wordt aangekondigd enigszins is overwonnen, kan ik zonder verdere schaamte bekennen dat ik tot voor een paar weken nooit van autopsieose had gehoord. Autopsieose is het me-

chanisme waarmee een biologisch systeem zijn eigenschappen weet vast te houden; in het boek wordt vooral naar analogie daarvan eenzelfde analyse toegepast op sociale systemen. Toepassing van modellen uit de ene wetenschap in de andere, beschrijvingen van een mechanisme in een levend organisme toepassen op sociale eenheden, dat lijkt wetenschappelijk gesproken uiterst glibberig en ook los daarvan kunnen er wel wat vraagtekens bij de hele aanpak worden gezet. Maar dat geldt voor alle benaderingen in de sociale wetenschappen.

Interessant is wel dat het werk op dit gebied schijnt te zijn geconcentreerd in Chili. In het voorwoord wordt dat toegedekt met een wat algemene babbel dat belangrijke nieuwe inzichten vaak ontstaan ergens in de periferie – wat me onzin lijkt als we bijv. kijken waar de Nobelprijzen zo gemiddeld terecht komen.

Maar Chili is politiek-cultureel wel een heel bijzonder geval, een heel bijzonder systeem zou men kunnen zeggen. De bevolking heeft een duidelijk andere etnische samenstelling dan in andere Latijnsamerikaanse landen; er is bijv. zeer veel immigratie uit Duitsland en Groot Brittannië geweest. Er is lang een aanzienlijk hoger welvaartsniveau geweest, vooral gebaseerd op mijnbouw, meer dan op veeteelt. Op de een of andere manier heeft dit geleid tot een sterke democratische traditie, die overigens met Latijnse passie wordt gevolgd,

Er is nu al ruim elf jaar in dat land een regeringsvorm die veel overeenkomst vertoont met die in andere Latijnsamerikaanse landen. Er zijn geschiktere organen dan Natuur en Techniek om de eigenschappen van die regeringsvorm te beschrijven, resp. te bestuderen, maar op de een of andere manier schijnt die regeringsvorm in Chili niet te rijmen met het waardenpatroon dat daar in de cultuur is opgenomen. Vele berichten van de laatste tijd wijzen erop, dat de nieuwe regeringsvorm er niet in is geslaagd die oude waarden te veranderen. Geen wonder eigenlijk dat men zich juist in dat land afvraagt wat het nu is dat ervoor zorgt dat zo'n patroon blijft bestaan. Een naam voor die oorzaak is er al: autopsieose.

A. de Kool

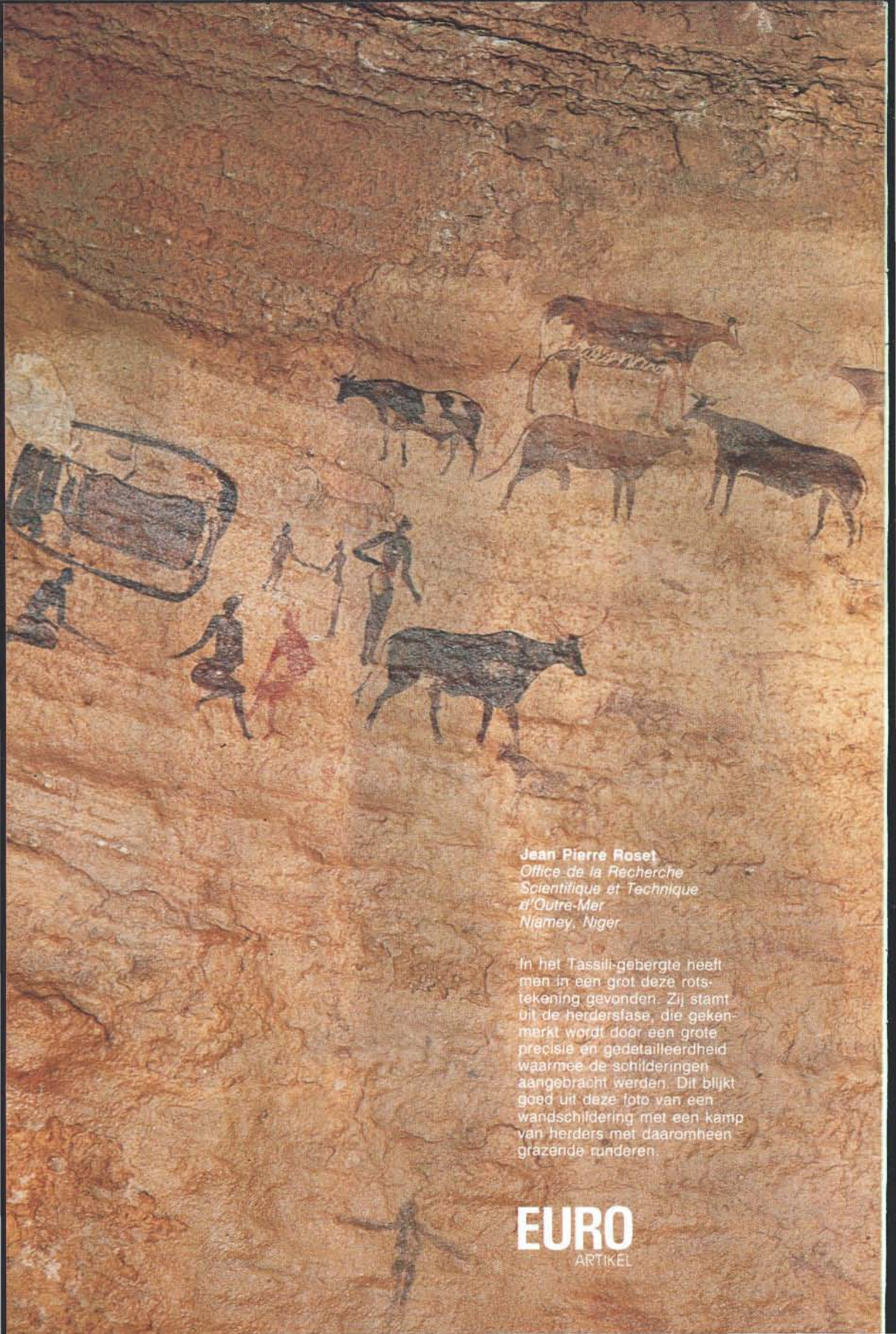
Ruimtewapens

Hoewel de auteur zelf vermoedelijk geen voorstander is van de ontwikkeling van en vanuit de ruimte bruikbare laserwapens, draagt hij in zijn artikel op pag. 782 ruim voldoende materiaal aan voor een tot in lengte van jaren voortdurende wereldomvattende maatschappelijke discussie.

In militair-technische zin bevat het artikel voor iedereen voldoende argumenten om tegen het vorig jaar door de Amerikaanse president aangekondigde en reeds op betrekkelijk bescheiden schaal gestarte programma te zijn. De conclusies komen ongeveer op het volgende neer: de aangeduide laserwapens zijn vermoedelijk technisch onmogelijk; voor zover ze technisch mogelijk zijn, zijn ze waarschijnlijk militair niet-effectief; voor zover er een kans is dat ze wel effectief zijn vormen ze de defensieve poot van een aanvalssysteem en zijn ze een belangrijke escalatie in de wapenwedloop.

Ook degenen die de stelling aanhangen 'Wie de vrede wil wapene zich ten oorlog' — de stelling die op zijn minst verbaal de legitimatie vormt voor elke wapenwedloop en die velen als een onbetwistbare waarheid zien — zullen weinig heil zien in het besteden van vele miljarden aan een systeem dat een dikke kans heeft er nooit te komen en dat als het er wel komt niet effectief zal zijn en dat dus geen werkelijk onderdeel kan vormen van de wapenen die een mogelijke vijand zouden kunnen afschrikken.

Voor degenen die elke volgende stap in de wapenwedloop zien als een stap op de weg die onverbiddeleijk leidt tot een alles vernietigende oorlog, vernietigender naarmate er meer stappen op de weg zijn afgelegd voordat de oorlog werkelijk komt (hoewel; kan men eigenlijk meer dan alles vernietigen?) zal met name het laatste punt in de conclusies een reden zijn om zich te verzetten: Immers, men moet aannemen dat het onderzoek in zo diep mogelijk geheim zal gebeuren en dat een potentiële tegenstander altijd rekening zal houden met hem onbekende successen waartegen hij zich zal moeten verdedigen. Of, in de misschien wat absurdistisch aandoende redeneertrant van de nucleaire strategen: de tegenstander zal zijn aanvalscapaciteit zo sterk moeten vergroten of zo onkwetsbaar moeten maken, dat de nieuwe wapens de afschrikwekkende werking daarvan niet noemenswaard verminderen. Of het ontwikkelingsprogramma succes heeft of niet, het effect op de bewapeningswedloop komt overeen met het wel succes hebben. Uit internationaal-politiek oogpunt lijkt er dus weinig te zeggen voor het programma. Maar er is ook nog een verkiezingsoogpunt in de VS zelf. Het initiëren van een ambitieus nationaal programma dat qua omvang en mogelijk qua aansprekend vermogen vergelijkbaar is met het — ook niet van onzin ontholte — Apolloprogramma twintig jaar terug, zou de Republikeinse partij wel eens wat nieuw aanzien in de toch al uiterst beperkte kring van kiezers kunnen geven. Daarbij komt dat zo'n programma een vorm van arbeidsintensieve kapitaalvernietiging is, vergelijkbaar met de oorlogen waarmee in de afgelopen eeuw telkens weer een uit een diepe crisis opkrabbende economie tot uitbundige bloei werd gebracht. En tenslotte: ook als de wapens ten slotte niet lukken of van relatief weinig belang blijken voor de krachtsverhoudingen, dan nog zal in elk geval de lasertechnologie een impuls hebben gekregen die in de hele economie zal doorwerken. Of dat opweegt tegen de internationale complicaties en de fantastische kosten staat dan nu ter discussie.



Jean Pierre Roset

*Office de la Recherche
Scientifique et Technique
d'Outre-Mer
Niamey, Niger*

In het Tassili-gebergte heeft men in een grot deze rots-tekening gevonden. Zij stamt uit de herdersfase, die gekenmerkt wordt door een grote precisie en gedetailleerdheid waarmee de schilderijen aangebracht werden. Dit blijkt goed uit deze foto van een wandschildering met een kamp van herders met daaromheen grazende runderen.

EURO
ARTIKEL



ROTS TEKENINGEN IN DE SAHARA

Kunst verzand

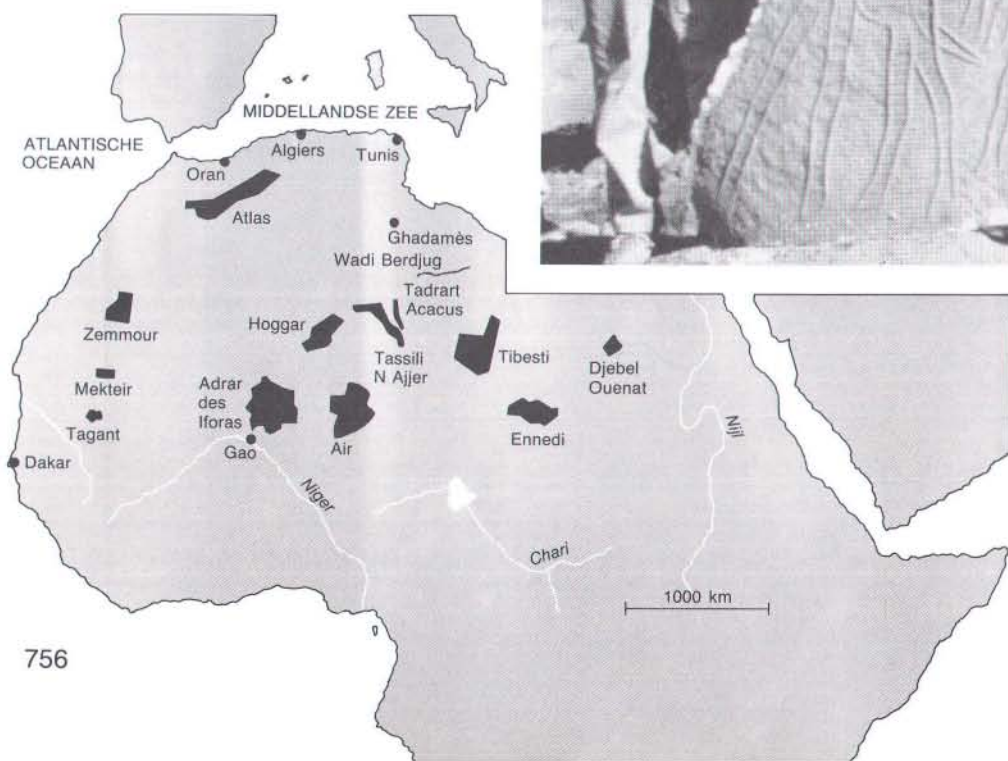
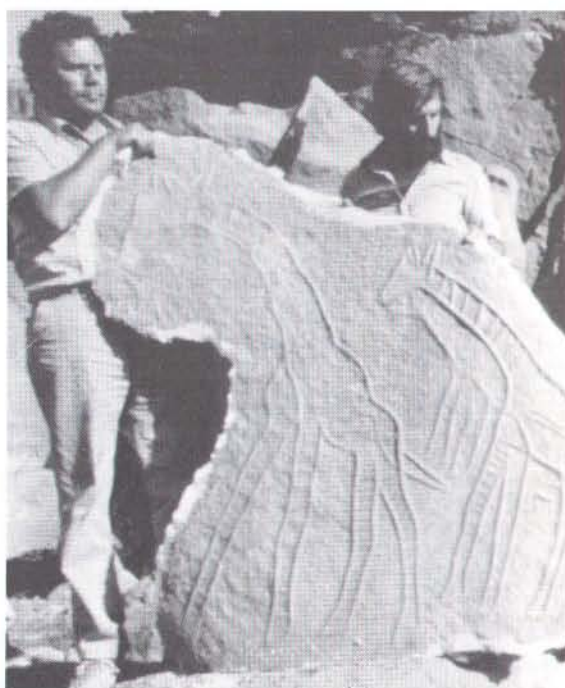
De Sahara roept bij ons beelden op van doodse desolaatheid. Dat is vroeger anders geweest. Daarvan getuigen nu nog de grotschilderingen die men bijv. in het Tassili-gebergte aantreft. De menselijke figuren met hun 'ronde hoofden', de grote kudden en de raadselachtige composities genieten grote faam. Zij getuigen van een cultuur die nu nog voor een deel door herdersvolken buiten de Sahara herkend wordt. In de laatste periode duiken steeds meer woestijnelementen op en elementen uit de mythen van de huidige woestijnbewoners, de Toeareg. Maar naarmate het gebied steeds meer verdroogde, verschaalde ook de kunst.

Chronologie en stijl

Het grootste deel van de prehistorische rots-tekeningen in de noordelijke helft van Afrika treft men aan in het centrale deel van de Sahara en dan nog hoofdzakelijk in de grote bergmassieven (zie fig. 1). Die kunst is her en der op expedities en verkenningstochten in de Sahara toevallig ontdekt. Al bijna dertig jaar wordt nu gericht naar de prehistorische kunst gezocht en beoordeeld door specialisten. Zij vormt door haar originaliteit, haar kwaliteit en haar verscheidenheid een geheel, waarvan het belang vergelijkbaar is met dat van de Frans-

Catabrische kunst of die van de Spaanse oostkust. Elk jaar maken nieuwe expedities melding van nog onbekende geschilderde of gegrifte afbeeldingen. Men is zich ervan bewust, dat in het hart van deze artistiek vruchtbare regio grote gebieden tot nu toe nog maar nauwelijks zijn beroerd of zelfs nog volledig ononderzocht zijn gebleven.

Het belangrijkste probleem dat de specialisten op het gebied van de kunst van de Sahara willen oplossen, is dat van de *chronologische indeling*. De kunstwerken zijn in grote getale geschilderd op de wanden van natuurlijke schuilplaatsen onder overhangende rotswan-



den, of gegrift, in de open lucht, in de rotsen boven bepaalde wadi's (voorbeelden van dit soort voorstellingen zijn op de foto's hieronder te zien), met een volledig gebrek aan samenhang en in zeer uiteenlopende stijlen.

Dit heeft ertoe geleid dat men bij voorkeur de volgorde bestudeert. Deze tracht men vast te stellen door in hoofdzaak uit te gaan van het principe van de *superpositie*. In de grote vindplaatsen van de Tassili, van de Acacus of de Emedi, is vaak de ene schildering over de andere heen geschilderd. Men gaat er van uit dat wat onderop is geschilderd ouder is dan wat er overheen is geschilderd.



Linksboven en boven: De Italiaanse Castiglioni-expeditie heeft in 1982 afdrukken kunnen maken van de gegrifte voorstellingen van Wadi Berdjug in Zuid-Lybië. Deze voorstellingen werden al in 1850 door Heinrich Barth ontdekt. De expeditie maakte gebruik van een kunsthars waarmee men een (negatieve) kopie maakte. De hiervan gemaakte (positieve) afdrukken kunnen nu onder meer comfortabele omstandigheden (in de Sahara kan het heet zijn!) bekeken en bestudeerd worden.

Links: Fig. 1. De meest prehistorische rotsschilderingen zijn in de grote gebergten van Noord-Afrika gevonden. De belangrijkste zijn op deze kaart aangegeven; er zijn vele nog niet doorkruist of zelfs ontdekt.

Deze methode vertoont echter grote gebreken. Men heeft met name bijzonder weinig zicht op de tijd die is verlopen tussen het maken van een schildering en het er overheen aanbrengen van een andere. In bepaalde gevallen kan, ter wille van de compositie, de ene schildering onmiddellijk over de andere aangebracht zijn. Mogelijk is een aantal figuren van tijd tot tijd bijgewerkt of overgeschilderd tijdens rituele ceremoniën, zoals de aborigines in Australië dat doen wanneer zij hun mythen willen aanpassen.

Veel superposities kunnen dus best geen chronologische betekenis hebben. Het is dan ook uiterst gevaarlijk om een indeling in verschillende stijlen te laten afhangen van een chronologie die onbetrouwbaar is. Ondanks boringen en opgravingen is men er nog niet in geslaagd dateerbare voorwerpen of rotslagen met de stijlen in verband te brengen.

Wil dat nu zeggen, dat de verkregen resultaten weinig overtuigend zijn en dat men nog altijd bezig is hypothesen op te stellen over de ontwikkeling van de kunst in de Sahara? Dat zou ondanks alles toch betekenen dat men de resultaten met een al te pessimistisch oog bekijkt. De rotskunst van de Sahara toont verscheidene grote fasen die onderling buitengewoon sterk verschillen en een zeer ongelijke duur hebben gekend. Het tot nu toe gevoerde onderzoek heeft heel duidelijk het bestaan van die grote fasen aangetoond. De hierboven gemaakte bezwaren gelden eerder de opvolging die men soms heeft gemeend te kunnen vaststellen binnen die stijlperiodes, dan de verschijningsvolgorde van de stijlen zelf.

Men onderscheidt zo: een *antieke* fase, genaamd de fase van het grootwild of van de herenbuffel. Van deze fase zijn tot nu toe uitsluitend ingegrifte voorstellingen gevonden. Zij zal in dit artikel niet verder behandeld worden. Dan is er een *archaische* fase met schilderijen, de fase van de *ronde hoofden*. Deze eigenaardige benaming, die wij abbé Breuil te danken hebben, duidt op het feit dat de mensen in die periode meestal met een schijfvorming en dikwijls overdreven groot hoofd worden afgebeeld. Vervolgens komt de *herdersfase*, die eindigt met de komst van het Neolithicum in de Sahara en ten slotte is er de *post-neolithische* periode die begint met de fase van het paard en eindigt met de jongste fase, die van de kameel.

De fase van de ronde hoofden

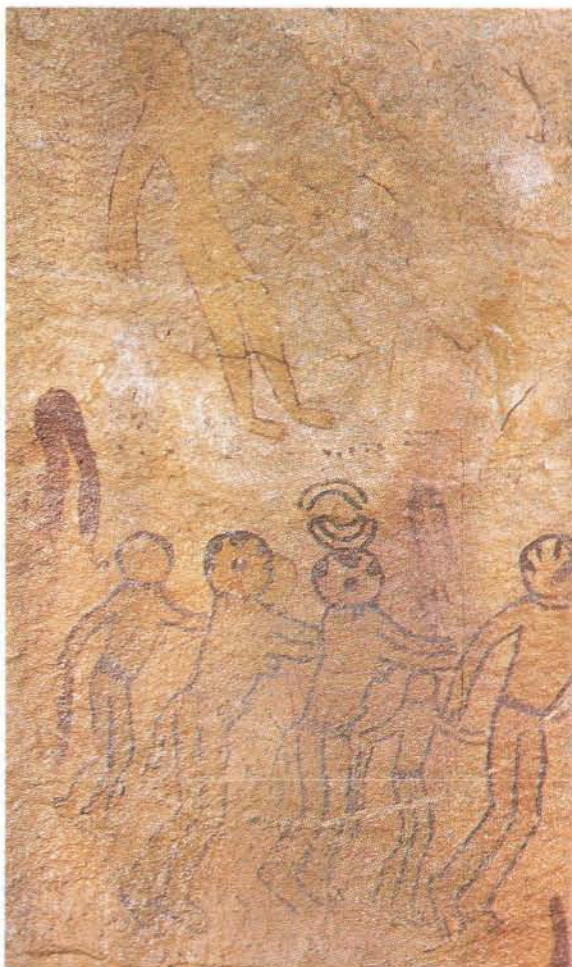
Sommige auteurs onderscheiden niet minder dan zestien stadia en dertig verschillende stijlen in deze periode, maar de chronologie daarvan is nog niet nauwkeurig opgesteld. Men heeft immers tot nu toe in de talrijke schuilplaatsen van de Tassili of de Acacus, waar deze schilderijen in overvloed voorkomen, nog nooit dateerbare archeologische vondsten gedaan die men aan de vervaardigers van de rotschilderingen zou kunnen toeschrijven. De enige aanwijzing die men momenteel bezit is de datum van 8072 ± 100 jaar geleden (voor alle data geldt dat vanaf 1950 gerekend wordt), een datum die men gevonden heeft uit de diepe lagen bij Fozziariën; deze getuigen van bewoning en met name van het gebruik van verfstoffen voor het echte begin van de herdersfase.

De diversiteit van de stijlen die ingedeeld zijn in deze fase, waar men niet zonder verbazing ziet hoe kleine menselijke figuren in vlakke kleur worden opgevolgd door reusachtige, veelkleurige antropomorfe figuren, dwingt ons ertoe onze oorspronkelijke standpunten over de duur van deze fasen, die wel eens veel langer zou kunnen zijn geweest dan men eerst dacht, te herzien. Het begin van de fase van de ronde hoofden kan wel eens heel ver in het verleden liggen.

Bij de sedert 1976 verrichte opgravingen in de Acacus was het mogelijk in twee aangrenzende lagen een opmerkelijke samenhangende en lange chronologische volgorde vast te stellen. De schuilplaats werd voor het eerst in 9080 ± 70 v. Chr. bewoond door jagers/visser, die een soort aardewerk met een golfstippellijn als versiering gebruikten. Met de radioactieve dateringen kan men vanzelfsprekend niet de rotschilderingen zelf dateren, maar zij leveren wel het onweerlegbare bewijs dat er al heel lang geleden mensen in dit gebied woonden, al zo'n 1500 jaar voor de periode van de ronde hoofden.

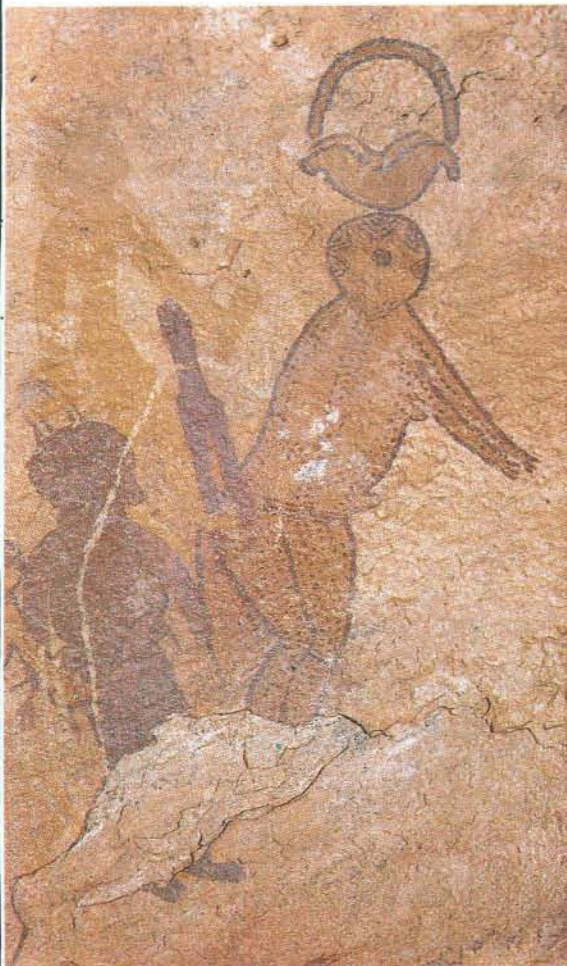
De zuidelijke Sahara maakte rond 8000 v. Chr. en periode met veel regen door, hetgeen met name blijkt uit de sterke uitbreiding van de meren. Het vocht drong zeer diep door de bergmassieven van het binnenland. Op deze plaatsen ontwikkelde zich een mediterrane plantengroei.

De archaische fase van de schilderkunst in de Sahara beperkt zich niet uitsluitend tot de



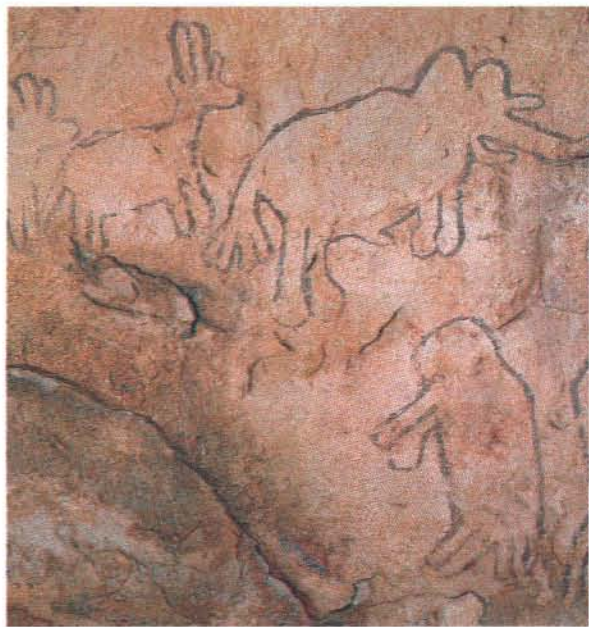
Tassili. Met haar karakteristieke ronde hoofden (een voorbeeld hiervan is op de foto boven te zien) is zij ook waargenomen in het noorden van Tsjaad. Ook daar vindt men verscheidene opeenvolgende stijlen. Een van de oudste hiervan wordt in verband gebracht met een type aardewerk dat aan het einde van het zevende millennium is gedateerd.

Wanneer men zich aan de radiometrische metingen houdt, zou de aan de herdersfase voorafgaande periode in de Ennedi later kunnen zijn gevallen dan in de Tadrart Acacus. Wanneer wij de voorstellingen bekijken, zijn (zoals wij nog zullen zien) talrijke vergelijkingen tussen de schilderijen in de twee bergmassieven mogelijk.



Links: Het in de schilderkunst van de Sahara alom tegenwoordige symbolisme komt bijvoorbeeld tot uiting in de relatie tussen de menselijke figuren en een groep moeilijk herkenbare voorwerpen, waarvan het gemeenschappelijk kenmerk een halfrond uitgesneden vorm is. Boven de hoofden zijn dubbele voorwerpen op elkaar geplaatst. Het feit dat deze raadselachtige uitgesneden voorwerpen steeds opnieuw verschijnen wijst erop dat dit thema de prehistorische kunstenaar bezig hield.

Onder: Een voorbeeld van de archaïsche stijl uit de antilooop-periode (vindplaats Tin-Tazarift). De vage omtrekken zijn misschien toe te schrijven aan olifanten, moefflons of mensen.



De achtereenvolgende stijlen

Bij de meest globale analyse, vallen de schilderijen die aan de 'ronde hoofden' worden toegeschreven, in de eerste plaats op (en dit naar het schijnt ongeacht hun herkomst) door de kunstmatige behandeling van de voorstellingen van mens en dier. Deze zijn niet meer dan silhouetten in vlakke kleuren, of vaker nog, in een doorlopende lijn getekend die slechts het wezenlijke van hun contouren weergeeft. De aanduiding van het geslacht van de figuren geschied slechts op elementaire wijze, hoofdzakelijk met uitstulpingen. Dikwijls voltooien enkele toebehoren (wapens, sieraden, kapsels) en een gedeeltelijke geometrische in-

vulling (netwerk, stippellijnen) de menselijke figuren.

Deze summier weergegeven figuren worden in weinig duidelijke of geheel onbegrijpelijke composities geplaatst. Deze tweede vaststelling leidt tot de veronderstelling, dat de verklaring van het verband tussen de afgebeelde elementen slechts mogelijk wordt door kennis van de verbale context waarin de mensen, de dieren of de symbolen tot leven moesten komen en die thans vanzelfsprekend definitief verloren is gegaan. Deze verdwenen mythografische context zou door een grondige analyse van de documenten misschien gedeeltelijk kunnen worden teruggevonden, door bij voorbeeld de onveranderlijkheid van bepaalde geschilderde the-

ma's te ontdekken; in die zin is echter nog niets gepubliceerd.

In de Tassili n'Ajjer begint de reeks archaische schilderijen met de voorstelling van kleine, monochrome menselijke figuren in rood-violetachtig oker, naast elkaar in de rij op de wanden van de schuilplaats. Hun lichamen zijn schematisch weergegeven, met overdreven grote hoofden. Zij zijn vaak blootshoofds maar soms dragen zij pluimen of horens. Deze silhouetten zijn gekleed in een simpele lendendoek, of in het geheel niet. Hun bewapening omvat de stok, de boog, de lans en een zeer grote drietand. Er komen praktisch geen die-

ren op de schilderijen voor en dan nog alleen de olifant en de moefflon. Er is een superpositie-chronologie vastgesteld. De stijl verbetert geleidelijk aan en ontwikkelt zich tot het punt waarop de figuren meerkleurig worden.

In de Ennedi heeft men eveneens menselijke figuren gevonden die onmiskenbaar tot de fase van de archaische schilderijen van dit massief behoren. Toch is er nog ruimte voor twijfel over de chronologie. De oudste schilderijen van de Tadrart Acacus die aan de 'ronde hoofden' kunnen worden toegeschreven, zijn tamelijk verschillend. Het gaat hier in hoofd-



Boven: De gemaskerde gestalte van Inahouanrhat (Tassili-gebergte) maakt de eigenaardige indruk de projectie van een en face gezien beeld te zijn. Men ziet dat de figuur in een rechthoek past. De volmaakte symmetrie verleent de figuur een statisch karakter.

Rechts: Een van de beroemdste wandschilderingen uit de archaische periode is die van de 'Grote God met biddende vrouwen' van Sefar (Tassili). De schildering zien sommigen als een magische scène, die met een vruchtbaarheids- of moederschapscultus verband houdt. De Grote God is de figuur die zich in het midden van de schildering bevindt en van wie de vrouwen iets schijnen af te smeken.



zaak om simpele tekeningen, waarmee summier de contouren worden geschetst van de menselijke figuren of van dieren, die niet bijzonder klein zijn. De schilderijen, in levendige kleuren (geel, groen en rood), komen pas later, maar over het geheel genomen is deze antieke schilderkunst veel duidelijker een voorloper van de meerkleurige schilderijen dan in de nabijgelegen Tassili.

De verschijning van de polychromie

Met de verschijning van de polychromie ('meerkleurigheid') treedt inderdaad een grote

verandering op in de techniek van de voorstellingen in de Tassili. Voortaan wordt de omtrek van de figuren getekend in een doorlopende lijn. Zij worden tegelijkertijd groter, terwijl hun silhouetten dikker worden. De draadachtige voorstelling van de eerste stadia verdwijnt en maakt plaats voor een nieuwe serie conventies, die in eerste aanleg zware, vage en soms zwaarlijvige figuren produceert. Deze nieuwe kijk op de wereld is niet meer of niet minder kunstmatig dan de vorige, maar de schilderijen die er het gevolg van zijn zijn zeker spectaculairder.

Tot aan het einde van deze periode komt er maar weinig variatie in de afbeelding van de mens. Zowel in de Tassili als in de Acacus laat de techniek van de doorlopende lijn slechts het allerbelangrijkste over van de mensen die met soepele hand, dikwijls en profil, zijn getekend. Hun ineengesmolten contouren doen de anatomische details wegvallen. De veel te grote hoofden komen nauwelijks los van de massieve romp, de armen lopen uit op slecht gescheiden vingers en de en profil getekende voeten plaatsen deze zware silhouetten regelmatig in een scheefgetrokken perspectief.

Het verschil tussen de geslachten wordt niet anders aangegeven dan door de afbeelding van de genitaliën en dan heel vaak van de borsten, om te laten zien dat het om een vrouw gaat. De borsten worden altijd en profil afgebeeld en boven elkaar van dezelfde kant gezien, hetgeen het perspectief nog verder scheeftrekt.

Terwijl in de oudste, monochrome reeks schilderijen slechts weinig dieren voorkomen, worden deze in de polychrome schilderijen geregeld afgebeeld. Alle wilde dieren van Afrika staan er op; ook een dier dat in de eerste gegrifte tekeningen in de Sahara heel vaak voorkomt en thans is uitgestorven, namelijk de hertebuffel. Al deze dieren worden behandeld met dezelfde duidelijke obsessie om, met behulp van kleuren die met een lijn vaak wit of violetachtig rood worden getekend, de vormen te vereenvoudigen. Vaak hebben de dieren reusachtige afmetingen.

In de ongeregelde groepen verschijnen hier en daar fantasiedieren, onwaarschijnlijk spookachtige schepsels, met vaak een larveachtig uiterlijk dat moeilijk te beschrijven is. Het kunnen ook poten zonder lichaam of horens zonder kop zijn die op de wanden voorkomen als vreemde beelden, los als zij nu staan

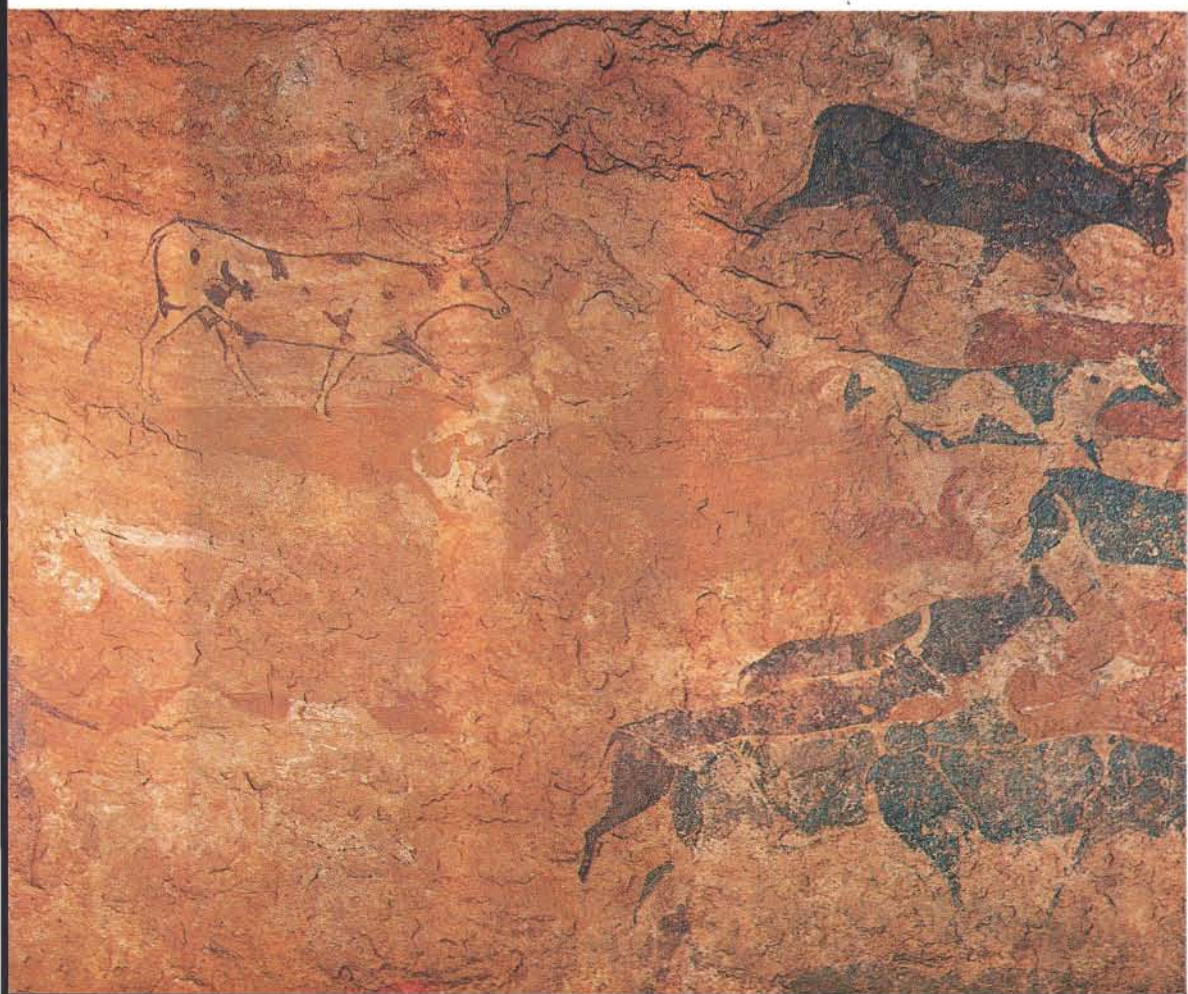
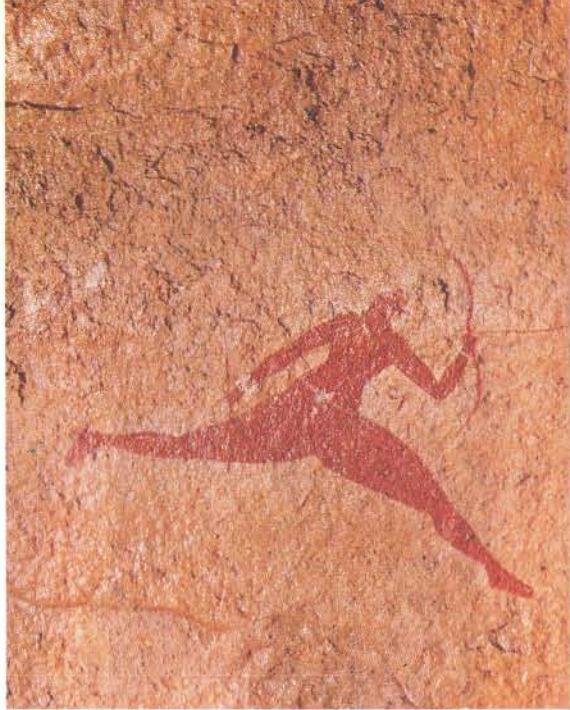


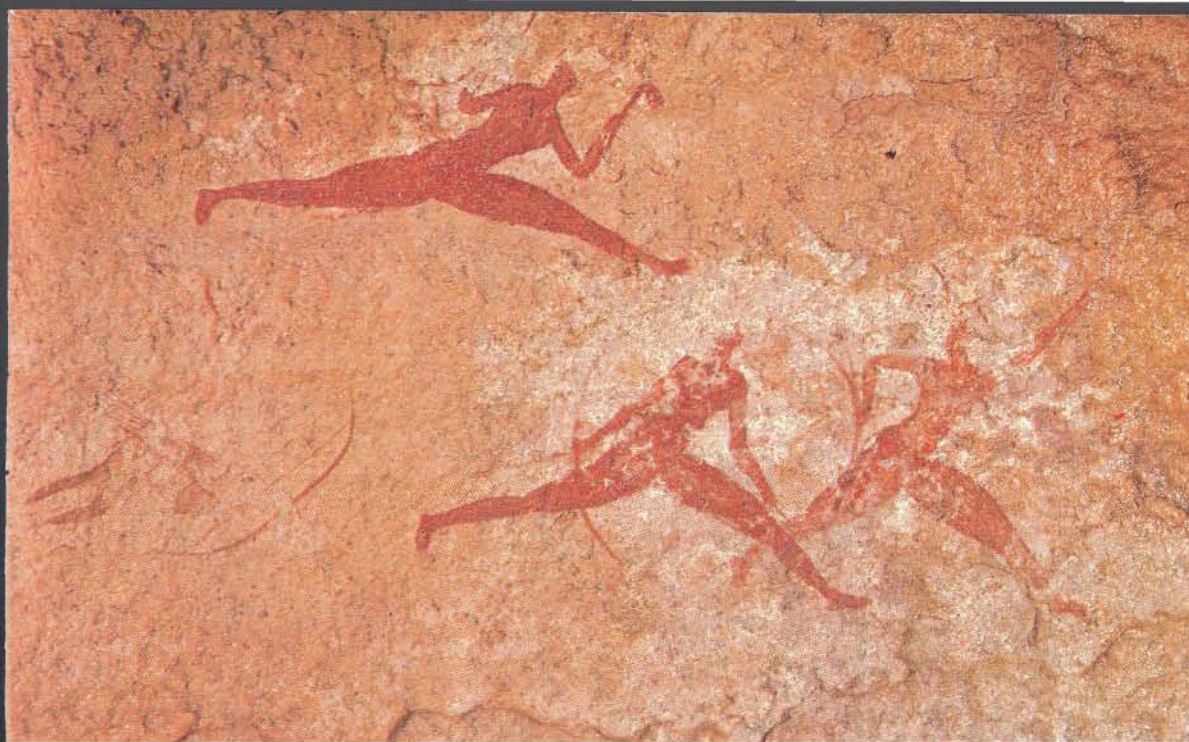
van het verhaal waarin zij zonder twijfel geheel het afgebeelde dier vertegenwoordigen.

Wat zijn de banden tussen dit bestiarium en de menselijke figuren? Iconografische documenten zoals menselijke figuren die met een dierenkop of met horens op het hoofd worden weergegeven, wijzen er overduidelijk op dat deze banden bestaan en dat zij vermoedelijk van essentiële betekenis zijn.

De techniek

De hoeveelheden okerhoudende grond en gekleurde leisteen, die vrijwel overal in de Tassili voorkomen, waren groot genoeg om deze prehistorische mensen een rijk, gevarieerd palet te bieden. Het kleurenschaal dat zij gebruikt hebben om de achtergronden te schilderen en de contouren van hun figuren te tekenen, bezit dan ook vrijwel alle nuances van oker. Het groen, het grijs en het blauw zijn eveneens van





Boven: Deze groep boogschutters komt van de vindplaats Sefar. Behalve de fleur van de tekening is ook de versiering opvallend: gordel, lendedoek, armbanden en halskettingen zijn veel voorkomend, evenals de boog met pijlen waarvan de einden witte veren hebben.

Links: Deze tekening van de vindplaats Jabbaren (Tassili) is zeer rijk van kleur. De runderen zijn zeer gedetailleerd geschilderd terwijl ook getracht is de kleuren (rood en groen-blauw) zo goed mogelijk na te bootsen.



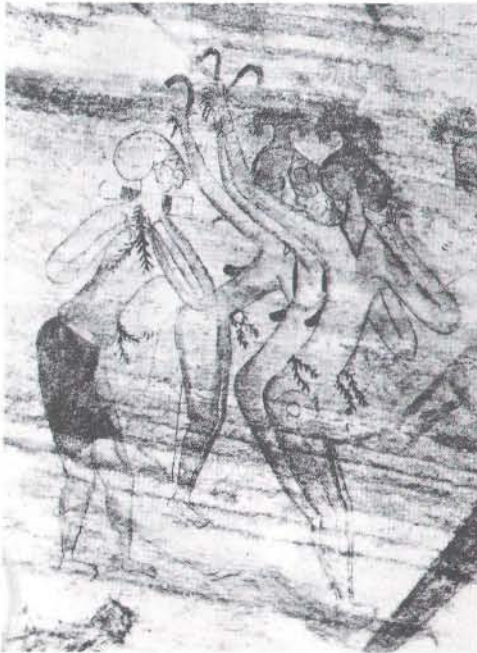
leisteek afkomstig, terwijl het wit zonder enige twijfel kaolien is en het zwart houtskool. Deze kleurstoffen werden gemalen op molenstenen met behulp van verfwijvers. Deze laatste worden door de onderzoekers geregeld in de nabijheid van de beschilderde wanden teruggevonden. Wij zijn echter nog tamelijk slecht geïnformeerd over de aard van de bindmiddelen die er later aan moeten zijn toegevoegd. Was dat caseïne, beendermeel of waren het plantaardige kleefstoffen. De analyses die tot nu toe op verfmonsters uit de archaische fase zijn uitgevoerd, schijnen nog geen erg doorslaggevende resultaten te hebben opgeleverd.

Van de techniek die deze eerste schilders in de Sahara gebruikten, weten wij slechts heel weinig. Schilderden zij hun werk direct op de wand of tekenden zij eerst een schets die zij later invulden? Hoe werd de verf zelf aangebracht? Daarvan weten wij vrijwel niets. Men heeft echter vastgesteld dat archaische schilderijen dikwijls tamelijk dikke lagen verf vertonen, met goed zichtbare strepen aan de oppervlakte, alsof zij met een dikke kwast of platgekauwde stokjes gemaakt zijn. Men kan ook veronderstellen dat men dikwijls met in de verf gedoopte vingers heeft moeten werken.

De boog, de lendedoek, een paar gordels met franje en pluimen (zie hierboven) zijn ge-

regeld afgebeelde toebehoren. Halskettingen, haarbanden met franje, armbanden en enkelbanden completeren de uitmontering van deze personen. Al deze voorwerpen zijn soms nauwelijks te onderscheiden van een net van evenwijdige strepen en stippellijnen, die men wel heeft uitgelegd als de afbeeldingen van insnijdingen of lichaamsschilderingen. Andere geometrische motieven die wij vaak toegepast zien bij de opvulling van de figuren, zijn veel onduidelijker.

Al deze elementen, die wij thans niet meer ontcijferen kunnen, nemen een zo belangrijke plaats in op de schilderijen, dat wij wel gedwongen zijn deze een symbolische rol toe te bedelen in de afbeelding van een wereld waarvan zij te zamen met de menselijke figuren, de gehele complexe werkelijkheid weergeven. Een speciale categorie tekens laat daarover niet de minste twijfel bestaan. Dat zijn de talrijke handafdrukken.



De vindplaats van Tahilati in de Tassili biedt een voorbeeld van een van de meest geslaagde werken van de herdersstijl. De menselijke figuren, met hun fijne gelaatstrekken of met een masker voor, zijn uitgevoerd met grote precisie, waarbij elke bijzonderheid minutieus is getekend.

De herdersfase

Momenteel heerst praktisch volkomen onzekerheid over de chronologie van de oudste fase van de schilderijen in de Sahara. Over de duur van de periode die de laatste werken van de 'ronde hoofden' scheidt van de eerste kunstwerken uit de herdersfase bestaan uitsluitend gissingen. Deze periode schijnt in ieder geval zo lang geduurd te hebben dat een volstrekt andere bevolking is ontstaan.

Tot nu toe zijn inderdaad nergens overgangsvormen van de ene groep schilderijen naar de andere waargenomen. Integendeel, de werken uit deze periode getuigen van een realistische kunstopvatting, die zeer sterk afwijkt van die van het figuratief symbolisme van de voorafgaande fase. De figuren worden voortaan in al hun details weergegeven en opgenomen in composities waarvan het vertellende karakter vrijwel altijd onmiskenbaar is. Deze scheiding in de rotstekeningen, die dan een heel andere bedoeling krijgen, is zeker toe te schrijven aan de komst van nieuwe bewoners in de centrale Sahara. Die zouden daar kunnen zijn terechtgekomen met de grote volksverhuizingen die rond 6500 v. Chr. van de kusten van de Middellandse Zee en vanuit Midden- en West-Afrika naar daar plaatsvonden.



De menselijke figuren van Séfar (Tassili) in een karakteristieke pose: zij zitten tegenover elkaar voor een in plattegrond getekende hut. Zij verlevendigen door hun aanwezigheid tal van herdersscènes, maar ook huiselijke scènes, jachtaferelen en krijgstaferelen op. De kunst van de herders lijkt ook hier erop uit te zijn, de traditionele modellen weer te geven, maar tegelijkertijd blijkt er spontaniteit en inventiviteit uit, als men ziet hoe zij deze kleine silhouetjes van enkele centimeters hoog in allerlei situaties weten te plaatsen met een verbazingwekkend gevoel voor beweging.

Na die tijd schijnen in alle grote bergketens herders met hun kudde te hebben gewoond. In de meeste daarvan hebben zij talloze rotschilderingen achtergelaten, waarin alle klassieke thema's van het herdersleven zijn terug te vinden. In de loop van de vierduizend jaar die de culturele cyclus van de veefokkers heeft geduurd, vertonen de schilderijen in feite het naast elkaar bestaan en de openvolging van zeer verschillende bevolkingen.

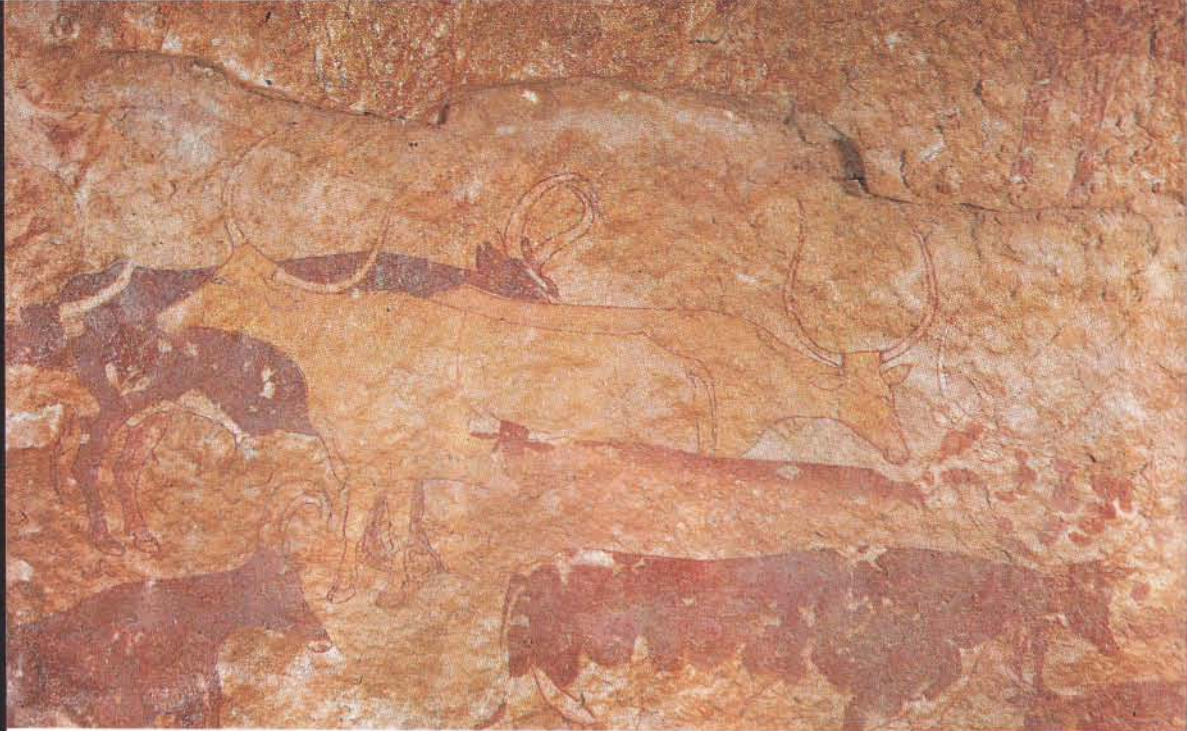
De oudste dateert uit het midden van het zevende millennium, uit een periode met een vochtig klimaat, waarin grote kudde zich kunnen ontwikkelen. Vanaf 5000 v. Chr. verslechteren de levensomstandigheden en komt er een nieuwe bevolkingsgroep. Uit die periode is het voorbeen van een rund gevonden (*Bos brachyceros*), dat erop wijst dat de kudde uit huisdieren bestonden.

Voor de jongste herdersperiode, die van de herders met de lange ledematen, hebben we twee data. De eerste komt van een dierehuid, met daarin de mummie van een negroïde kind. De datering wijst op 5405 ± 180 v. Chr. De tweede datum, 4730 ± 310 v. Chr., is bijzonder interessant, omdat deze zeer direct met de rotschilderingen te maken heeft. Hij dateert namelijk de vuurplaatsen van een laag, die onmiddellijk rust op een steen die van de wand is

losgeraakt. Aan de onderkant staan twee runderen die er heel duidelijk vóór de val op zijn geschilderd. De wand waarvan de steen afgevallen is, vervolgens bedekt met schilderijen van de herders met de lange ledematen. Dus is het duidelijk dat deze datum een grens markeert tussen deze en de vorige periode.

De belangrijkste thema's van de herdersfase

Runderachtigen vormen het meest geliefde onderwerp van de schilderende herders. Bij honderden hebben zij deze geschilderd op de wanden van de schuilplaatsen in de Tassili of Acacus, in kudde of alleen. Zij deden dit met een bijzonder grote opmerkingsgave, gecombineerd met een beproefde techniek. De werken van de herders zijn bovenal realistisch, in de gebruikelijke zin van het woord. De runderen, meestal van voren of in driekwart gezien, zijn vaak niet meer dan een twintigtal centimeters groot, en getekend tot in de kleinste bijzonderheden, met inachtneming van de anatomische proporties. Deze beheersing van de tekenkunst gaat gepaard met een schildertechniek waarmee zij de dieren vorm geven en vaak de vlekken op hun vacht weergeven. De gebruikte kleuren geven een idee van de verscheidenheid van de dieren in een kudde.

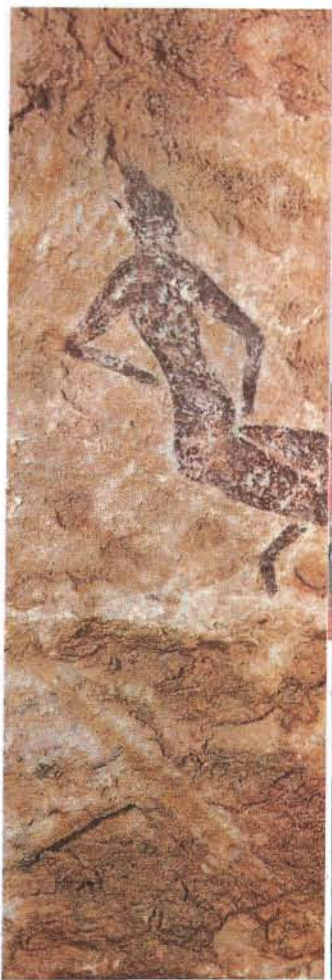


Wij weten niet precies of de verf direct op de wand werd aangebracht of dat de schilder zijn werkstuk eerst in de wand grifte. In Jabbaren bevinden zich namelijk in enkele schuilplaatsen zeer fijne gegrifte voorstellingen, die veel op schetsen lijken. Zij schijnen echter veel dünnere verfstoffen te hebben gebruikt dan hun voorgangers, want hun schilderijen vertonen niet de dikte die karakteristiek is voor de werken van de 'ronde hoofden'.

De menselijke figuren uit de herdersfase zijn eveneens sterk verschillend en dat gold ook voor de volkeren die, al die vierduizend jaar dat de omstandigheden in de Sahara voor het fokken van grote kudden gunstig waren, daar elkaar hebben opgevolgd of met elkaar hebben samengewoond. Elke groep mensen heeft van zichzelf een beeld achtergelaten, dat evenzeer bepaald werd door zijn fysiek uiterlijk als door zijn tradities. Zozeer zelfs, dat een poging een synthese te maken van de toch bijzonder vaak afgebeelde herders of boogschutters, die tot alle stijlen behoren, geen enkele zin zou hebben. Ondanks dat kan men toch een formeel onderscheid invoeren tussen twee groepen menselijke figuren, namelijk die simpelweg als silhouet in vlakke kleuren worden weergegeven en die welke met grote nauwkeurigheid getekend en gedeeltelijk geschilderd zijn.

Boven: Deze groep runderen uit Wan Bender (Tassili) is typisch voor het realisme dat deze stijl kenmerkt: de koppen, borstpartijen, halspartijen, de aanhechtingen van de poten, de hoeven, alles is met zeer vaste hand neergezet. Sommige staan stil, andere zijn in beweging, de meeste lopen door elkaar en markeren aldus de diepte in de compositie.

Rechts: Deze groep uit Jabbaren is opvallend door de kleding, kapsel en wapens. Men denkt dat het een groep danseressen is, af te leiden aan de hand van de borsten, maar duidelijk is dit niet. Het kan ook een groep mannen met hoge kapsels zijn.



Poging tot interpretatie

De rotsschilderingen in de Sahara verschaften niet alleen een groot aantal ethnografische gegevens over het dagelijks leven van de herders, hun uiterlijk, hun kleding en hun kapsel, maar vertonen eveneens ingewikkelde voorstellingen die zeer waarschijnlijk getuigenis afleggen van het geloof en de religieuze handelingen van hun scheppers. Deze moeilijk begrijpbare beelden zijn betrekkelijk groot in aantal, in de eerste plaats op bepaalde vindplaatsen in de Tassili, waar zij een samenhangend geheel schijnen te vormen. Het gaat hierbij om slangvormige figuren (Jabbaren, Wan Derbawen en Tin Tazariff) vaak in gezelschap van runderen met twee koppen, gevingerde figuren (Tin Tazariff), symbolen in de vorm van de zon (Tessoukai, Jabbaren) en dansers.

Het verbazingwekkende feit deed zich voor, dat alle voorstellingen van dit type die in 1957

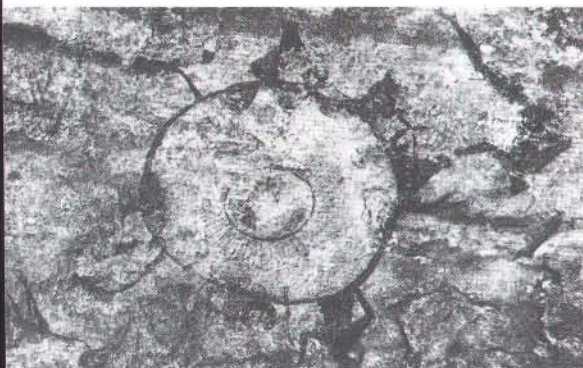
in het Parijse Pavillon de Marsan bijeengebracht waren onmiddellijk ontcijferd werden door een ingewijde van de Peulh, Amadou Hampaté Ba, toen deze ze voor het eerst onder ogen kreeg. Volgens hem zijn het 'voorstellingen die verband houden met de inwijdingsbegrippen van de Peulh, een volk van herders en nomaden', zoals deze voor de komst van de Islam en ook nog lang daarna door dit volk in stand zijn gehouden. Vanuit hetzelfde gezichtspunt meende hij eveneens alle schilderijen uit de herdersfase van de Tassali aan de Peulh te kunnen toeschrijven.

Zijn veronderstelling was met name gebaseerd op bepaalde elementen, zoals de respectieve houdingen van de runderen in de kudde, de kleur en vlekken op hun huid, de richting van hun horens, het melken en de runderoffers, alsmede de voorwerpen en emblemen in verband met het herderschap, de houding en de kleding van de menselijke figuren.



Onder: Deze raadselachtige tekening uit Tissoukai, kan verklaard worden als de afbeelding van een 'open plek' uit de inwijdingsceremonie van de Peulh.

Rechts: Een voorname figuur uit de godenwereld van de Peulh is Tyanaba, de 'meester van de runderen' en de 'bewaker van de kudden op aarde', waar hij God vertegenwoordigt. Tyanaba heeft de vorm van een slang, maar hij heeft een kop met horens en neerhangende oren.



Op het eerste gezicht lijkt de interpretatie van prehistorische schilderijen na zoveel duizenden jaren op basis van een tegenwoordig geloof vanzelfsprekend zeer gedurfd. Maar waar komen de Peulh vandaan? Hun afkomst is tot nu toe een zeer omstreken zaak en het is in het geheel niet uit gesloten dat deze mensen, met hun koperkleurige huid en gladde haren, de nakomelingen zijn van de grote neolithische herders uit de centrale Sahara. Alles wijst er immers op dat deze mensen, weggetrokken zijn naar het stroomgebied van de grote rivieren in de randgebieden, zoals de Senegal en de Niger, waar de Peulh momenteel hun nomadenbestaan voeren. Het weideland is daar groot genoeg om een rundveestapel te onderhouden, net als de neolithische herders, met dit verschil echter dat de runderen van deze laatsten geen bult hadden, terwijl die van de Peulh zonder uitzondering zeboes zijn.

Even goed als het uiteindelijk niet onwaarschijnlijk lijkt dat de Peulh in hun geloof, ondanks het tijdsverloop, talrijke mythen en ritten van de prehistorische volkeren uit de Sahara hebben bewaard, is het in ieder geval onmiskenbaar dat de gelijkenis die Amadou Hampaté Ba heeft opgemerkt tussen de inwijdingsceremonieën en de schilderijen in de Tassili bijzonder te denken geeft.

De post-neolithische rotsschilderkunst

De post-neolithische rotsschilderkunst verdraagt in haar afbeeldingen hoe de Sahara vanaf vierduizend jaar voor onze tijd geleidelijk tot woestijn wordt. Dit proces, dat onweerstaanbaar verloopt en de Sahara maakt tot wat zijn nu is, vertoont echter wel pauzes, de terugkeer van korte vochtige periodes (in het zuiden bijv. tussen 3500 en 3000 en later tussen 2500 en 2000 v. Chr.). Men gelooft dat vanaf 1000 v. Chr. immigranten van oud berberse afkomst zich over de Sahara verspreidden en een dier met zich mee brachten, dat tot dat moment in Afrika nog niet op deze breedten had geleefd, namelijk het paard.

De verschijning van dit dier vormt dus een waardevol chronologisch merkteken. Op de eerste afbeeldingen zijn de paarden ingespannen voor tweewielige wagens weergegeven. De ontdekking van wagens in het hart van de Sahara wekte verbazing en leidde tot het ontstaan van een aantal theorieën ter verklaring van hun oorsprong. Het was verleidelijk om op de kaart een lijn te trekken tussen de punten waar zij waren signaleerd. Die theorie van een 'wagenweg' dwars door de Sahara is echter op losse schroeven gezet door nieuwe vondsten die kriskras verspreid zijn.



Uit opgravingen die wij sinds 1979 in Iwelen verrichten, kan verband worden gelegd tussen een oud dorp waar een koperen wapenuitrusting is gevonden en een zeer homogene reeks gegrifte voorstellingen, met onder meer door paarden getrokken wagens. Het lijkt derhalve logisch te veronderstellen dat de gebruikers van deze wagens het metaal eveneens voor de constructie van hun wagens hebben gebruikt. Waartoe dienen deze wagens? Waren het prestige-voertuigen, waren zij voor de oorlogsvoering bestemd of voor de jacht? De rots-tekeningen verstrekken hierover praktisch geen gegevens. In de Aïr bestaat één afbeelding van een giraffenjacht die wordt uitgevoerd met wagens.

Over het geheel genomen, treft men in de schilderijen van de 'paardenfase' niet meer de spontaniteit en de humor aan die zo karakteristiek zijn voor de werken uit de herdersfase. De beschrijvingen zijn droog, de mense-

lijke figuren hebben een stijve houding en zijn vereenvoudigd getekend. De meeste van deze menselijke figuren stellen krijgers voor. De wagens uit het begin van de periode worden spoedig gevolgd door ruiters te paard, dikwijls afgebeeld in volle galop bij de achtervolging van een antilope, waarbij de ruiters met hun lansen zwaaien. De paarden, die eerst zo fraai afgebeeld werden, krijgen al gauw een mager uiterlijk, met stijve benen en een stramme houding die zij niet meer zullen verliezen.

Vanaf deze periode, vertonen de rotswanden van de Sahara horizontale en verticale inscripties, vaak ter begeleiding van tekeningen en schilderijen. Men treft ze echter ook wel afzonderlijk aan en de specialisten klasseren ze onder de Lybische alfabetten. De oudste blijven onontcijferbaar, hoewel ze dikwijls wel voor een deel kunnen worden gelezen door de Toeareg, zelfs al kennen zij de betekenis ervan niet. De meest recente, de tifinar, begrijpen zij echter meestal zonder moeite. Het is trouwens interessant op te merken, dat enkele van deze menselijke figuren, steeds met paarden afgebeeld, in werkelijkheid mythologische figuren zijn waarvan de Toeareg de naam en daden goed kenden.

Feiten als deze bewijzen heel duidelijk, dat de vervanging van het paard door de kameel, die klaarblijkelijk verband houdt met de omstandigheid dat de Sahara definitief tot woestijn werd, betrekkelijk kort geleden heeft plaatsgevonden toen dat in de plaatselijke situatie paste. Het ten tonele verschijnen van de dromedaris markeert de laatste acte van de lange geschiedenis van de rotsschilderingen van de Sahara.

De alles overheersende indruk is toch dat de kunst van de Sahara, die wij als zo uiteenlopend en zo rijk hebben leren kennen, in deze laatste periode niet veel meer te zeggen heeft. Het einde ervan is nabij. Het feit dat het leven zich heel geleidelijk terugtrok naar mate de woestijn terrein won, maakte dit einde al heel lang onvermijdbaar.

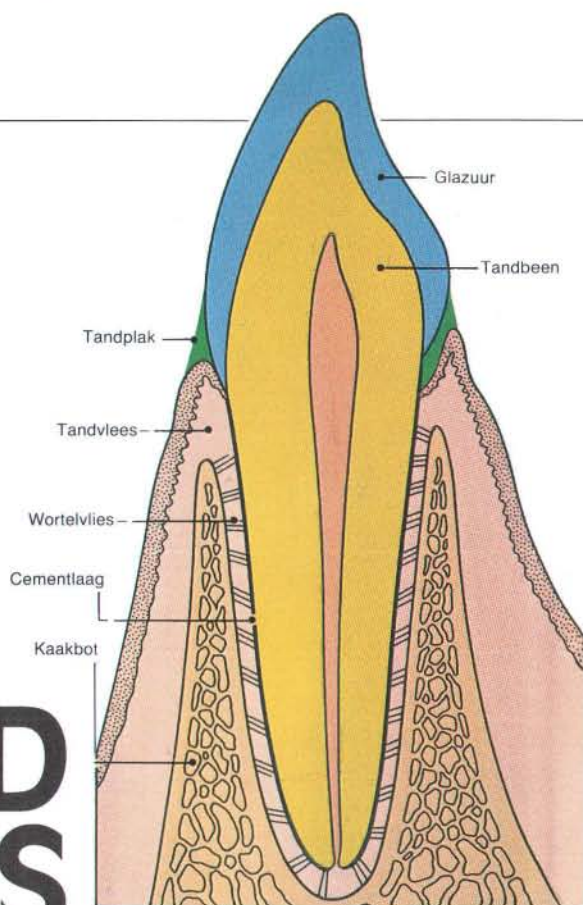
Literatuur

- Lhote, H. (1973). *A la découverte des fresques du Tassili*. Arthoud, Parijs.
Lajoux, J.D., (1977). *Tassili d'Ajjer. Art rupestre au Sahara préhistorique*. Editions du Chêne, Parijs.

Bronvermelding illustraties

- Ciba, Geigy AG, Division Kunststoffen und Additive, Basel: pag. 756-757.
Alle overige opnamen zijn afkomstig van J.D. Lajoux, Parijs.

TAND VLEES ONTSTEEKING



F.H.M. Mikx
*Preventieve en Sociale
 Tandheelkunde
 Katholieke Universiteit
 Nijmegen*

Antoni van Leeuwenhoek was zijn tijd ver vooruit. Hij nam met zijn zelfgemaakte microscopen dingen waar, die bijvoorbeeld in de tandheelkunde nu nog vragen oproepen. Zo ontdekte Van Leeuwenhoek dat in de mond ongelooflijk veel micro-organismen voorkomen. Nog steeds weet de moderne tandheelkunde niet in hoeverre bepaalde micro-organismen normaal in de mond voorkomen, schadelijk zijn dan wel bescherming tegen infecties bieden.

'Dierkens' in de mondholte

Van Leeuwenhoeks onderzoeksmethoden zijn voorbeeldig en zijn beschrijvingen zijn vaak verbluffend helder en eerlijk. Zijn waarnemingen van spirochetes en bloedend tandvlees drie eeuwen geleden zijn de aanleiding voor de hiervolgende schets van de relatie tussen deze bacteriën en tandvleesafbraak.

Een doorsnede van een tand. Bacteriën in de tandplak vormen enzymen en toxische produkten die een ontsteking van het tandvlees kunnen veroorzaken.

Gezond tandvlees is stevig en ligt strak tegen de tanden aan. Het bloedt nooit spontaan, ook niet bij het tandenpoetsen.

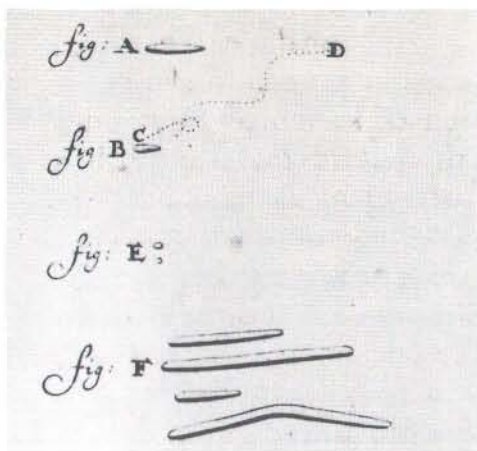




Wetenschappelijke twijfel

Toen Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) als eerste een beschrijving gaf van bacteriën, had hij met de spirocheten de grootste moeilijkheden. In zijn brief van 17 september 1683 aan de Royal Society in Londen beschrijft hij wel deze spiraalvormige organismen, maar in de eerste uitgave van zijn brieven ontbreekt de tekening ervan. In latere drukken van dezelfde brief is die spiraalvormige bacterie aan de plaat toegevoegd. Mogelijk twijfelde Van Leeuwenhoek aan het bestaan van spirocheten, omdat hij ze op zijn eigen tanden niet vond. Hij was gewend zijn tanden secuur schoon te houden en had daardoor geen last van bloedend tandvles. In zo'n geval komen in de mond zeer weinig spirocheten voor, weten we nu.

Dat Van Leeuwenhoek de spirocheten heeft gezien bij mensen met een slechte mondhygiëne blijkt uit het volgende: *"Een oud man tot mij sprekende (die een sober leven leyde, en nooit brandewyn nog tobacq en zeer zelden wyn drinkt) viel mijn oog op zijn tanden, die zeer begroeid waren, dit dede my vragen wanneer hij zyn mond laatst gereynigt had? Kreeg daarop tot antwoord, dat hy zyn leven zyn mond niet en waste, ik nam dan speeksel uit zyn mond, het welk ik observeerde, maar ik konde daar niet anders inzien als in myn en in andere haar speeksel. Ik nam ook de materie die tusschen tegens zyn tanden aanzat, en dezelve vermengde met schoon water, waar*

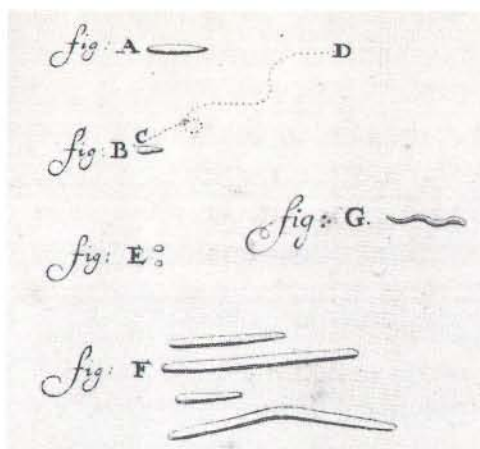


inne geen dierkens waren, alsook met deszelfs speeksel, vernam ik een onbedenkelyk groot getal van levende dierkens die vaardiger waren in 't zwemmen, als ik tot die tyd gezien hadde: de grootste soort (van de welke daar zeer veel in getal waren) bogen in de voortgang hare lichamen in bogten, als Fig. G". (Brief 39: 17 september 1683). Deze figuur G is de spirocheet die in de eerste druk van de brief niet voorkomt.

Levende dierkens

De 'begroeiing' die Van Leeuwenhoek op de tanden van de oude man zag, noemt men tegenwoordig tandplak. Deze bestaat uit bacteriën, door bacterieel geproduceerde polysachariden en speekseiwitten. Men weet nu dat de tandplak de oorzaak is van bloedend tandvles. Verwijdert men de tandplak, dan verdwijnt ook de tandvlesontsteking (fig. 1).

Driehonderd jaar geleden was Antoni van Leeuwenhoek al dicht bij de conclusie dat bloedend tandvles wordt veroorzaakt door *"de dierkens op de tanden"*. Want hij schreef op 17 september 1683: *"Mijn gewoonte is des morgens myn tanden te wryven met zout en dan myn mond te spoelen met water en wanneer ik gegeten heb, veeltyds myn kiezen met een tandstoker te reynigen, alsmede dezelve wel met een doek sterk te vryven, waardoor myn kiezen en tanden so suyver en wit blyven, en myn tantvles (met wat sout ik daar tegen kome te vryven) niet en komt te bloeden, Nog-*



Geheel links: Antoni van Leeuwenhoek dankte zijn vele ontdekkingen vooral aan zijn microscoopjes. Hij was een zorgvuldig en geduldig waarnemer, die allerlei biologische verschijnselen als eerste heeft waargenomen.

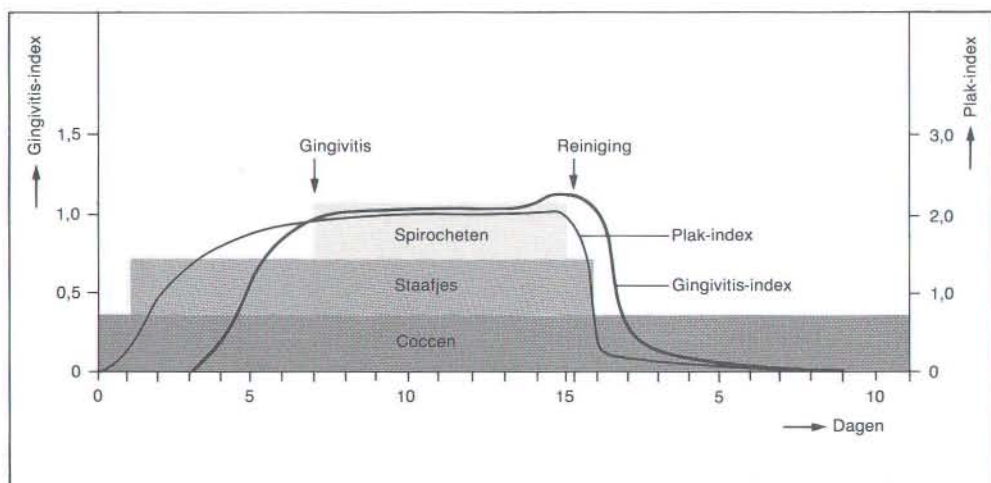
Links: De allereerste afbeeldingen van bacteriën. Het zijn bacteriën uit de tandplak. Van Leeuwenhoek was waarschijnlijk onzeker over de spirocheet (fig. G), die in de eerste druk van zijn brief niet werd opgenomen (links), maar wel in de latere druk (rechts).

Onder: De resultaten van een onderzoek naar de relatie tussen tandplak en tandvleesontsteking (gingivitis). In schone monden neemt de hoeveelheid tandplak snel toe als er niet gepest wordt (zie plakindex). De eerste dagen wordt de tandplak gevormd door ronde bacteriën (cocci). Later komen daar staafvormige bij en tenslotte ziet men in de dikke bacterielaag ook spirocheten. Na 7 dagen wordt er duidelijk tandvleesontsteking waargenomen (gingivitis-index). Als de tanden gereinigd worden, verdwijnt de ontsteking.

tans so en zyn myn tanden daardoor so suyver niet, of (wanneer ik deselve met een vergroot spiegel besag) daar blyft of groeyt tusschen eenige van de kies en tanden een weynig witte materie, die so dik is, alsof het beslagen meel was. Dit zelvige observerende, oordeelde ik (hoewel ik gene beweginge daar innen konde bekennen) dat'er egter levende dierkens in waren." (Brief 39).

Tussen de waarneming van bacteriën door Antoni van Leeuwenhoek en de wetenschap dat bacteriën ziekten kunnen veroorzaken, liggen eeuwen. Toen was Antoni van Leeuwenhoek daar al heel dichtbij. Zo onderzocht hij

naast de bacteriën bij mensen met tandvleesontsteking ook het sperma van iemand, die vreesde dat hij een geslachtsziekte had opgelopen. Een oorzakelijk verband legde hij niet. Nu was de kans om bacteriën te zien in het patiëntensperma bijzonder klein. De bewegingen in het sperma beschouwde hij als normaal, omdat hij ook in zijn eigen sperma 'zaaddiertjes' waarnam. De waarneming van bewegende zaadcellen was op zich al een geweldige ontdekking, waarvoor menig staatshoofd naar Delft reisde om zich te laten voorlichten. Maar het bewijs dat bacteriën ziekten veroorzaken zou nog lang op zich laten wachten.



De tijd na Van Leeuwenhoek

In de tijd na de dood van Van Leeuwenhoek zag men de microscoop als een aardigheidje en werden er nauwelijks nieuwe dingen mee ontdekt. De microbiologie stond twee eeuwen stil, totdat Louis Pasteur (1822-1895) aantoonde dat bij de wijn- en bierfermentatie micro-organismen waren betrokken. Hij kon de specifieke activiteit van bacteriën bewijzen, omdat hij technieken had ontwikkeld, waarmee kweken konden worden gemaakt van steeds één bacteriesoort, een zogeheten reïncultuur.

Het bewijs voor de relatie tussen bacterie-activiteit en ziekte werd in 1876 geleverd. Het was Robert Koch die toen bacteriën in het bloed van koeien met miltvuur zag. Met een splinter injecteerde hij die onder de huid van muizen, die prompt miltvuur kregen en stierven. Hiermee voldeed Koch aan de voorwaarden, die als bewijs voor infectieziekten door Jacob Henle in 1840 waren geformuleerd. Zij staan, bekend als de postulaten van Koch:

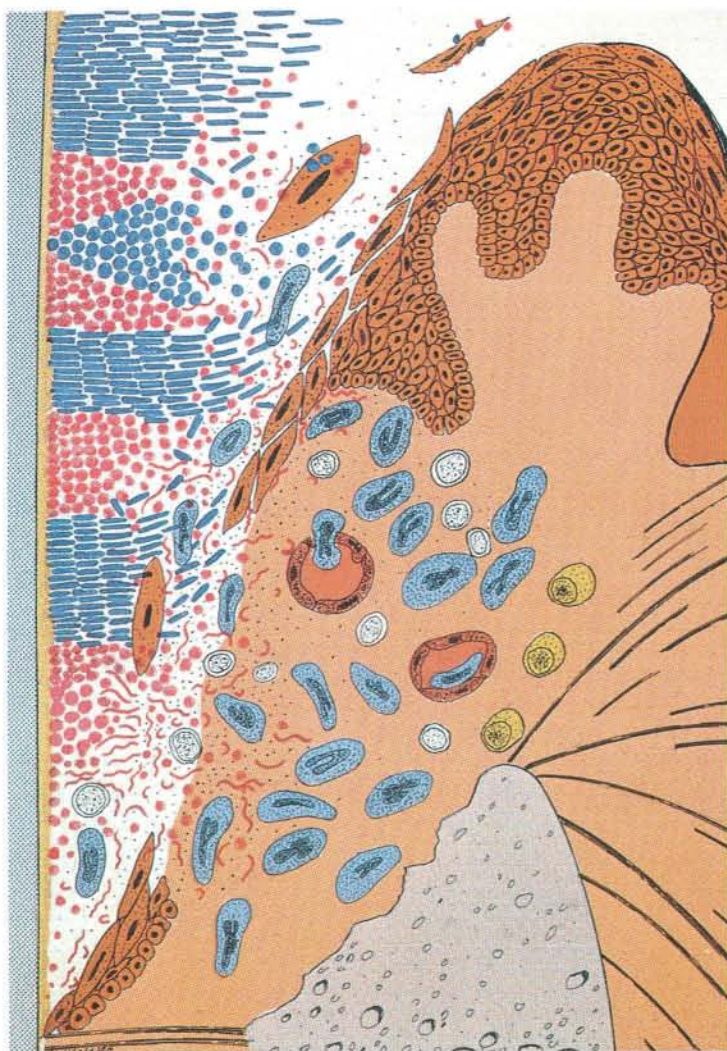
- Het *pathogene* (ziekmakende) micro-organisme wordt op de zieke plaatsen aangetroffen;
- Het micro-organisme kan worden geïsoleerd en in *reïncultuur* worden gebracht;
- *Besmetting* met deze reïncultuur in proefdieren veroorzaakt dezelfde ziekte, waarbij het micro-organisme wederom kan worden geïsoleerd uit de lesies van de zieke proefdieren.

Sinds Koch heeft men zich afgevraagd of bepaalde micro-organismen ook de oorzaak van tandvleesontsteking waren. Miller (1898) vond verschillende bacteriën op plaatsen met en zonder tandvleesontsteking maar hij kon geen mondbacterie vinden die aangebracht onder het tandvlees daar een vergelijkbare ontsteking veroorzaakte. King in 1948 probeerde iets soortgelijks. Hij besmette zichzelf op een bepaalde plaats in de mond met materiaal afkomstig van een tandvleesulceratie (verzwering). In die tijd kwam het vaker voor dat men zichzelf als proefkonijn gebruikte. King besmette een aantal keren in zijn mond een bepaalde tandvleespapil maar kreeg ter plaatse geen ontsteking, totdat hij de griep opliep en hij op de besmette plaats een acute tandvleesulceratie kreeg. Daaruit blijkt dat onder bepaalde omstandigheden dit soort tandvleesontsteking kan worden overgedragen.



Bacteriën in de tandvleesplooi

De tandvleesplooi is de ruimte tussen tand en tandvlees. Bij tandvleesontsteking wordt deze ruimte dieper. Bij een diepte groter dan 4 mm spreekt men van een pocket. Het gebied rond de tand is uniek in het lichaam. Het is de enige plaats waar delen van binnen uit het lichaam naar buiten steken. Er zit dus een gat in het beschermend epitheel en dat vraagt om bijzondere maatregelen om een invasie van ongewenste gasten te voorkomen. De belangrijkste maatregelen zijn de strakke epitheelkraag



Linksboven: Een acute tandvleesontsteking gaat gepaard met uitgesproken rood tandvlees dat snel de neiging heeft om te bloeden. Het tandvlees hier is gedeeltelijk door verzwering en afsterving van het weefsel verdwenen. Dit ontstaat vaak in korte tijd. Dit gebit is van een 21-jarige jongen met overigens een slechte lichamelijke conditie.

Linksonder: Bacteriën van de tandplak kunnen onder bepaalde condities worden gekweekt. Het micro-organisme *Bacteroides* (zwart-bruine kolonies) groeit alleen onder strikt anaerobe omstandigheden.

Links: Tandvleesafbraak of parodontitis. De ruimte tussen de tand (uiterst links) en het tandvlees (bruin) is gevuld met bacteriën (staafjes en bolletjes, rood en blauw). Deze irriteren het tandvlees en maken het epitheel doorlaatbaar voor toxische stoffen en bacteriën. Door de openingen in het epitheel komen afweercellen naar buiten: leucocyten (blauw), lymfocyten (wit) en plasmacellen (geel). Zij proberen de binnendringende bacteriën op te ruimen. De strijd tussen bacteriën en afweer leidt tot weefsel- en botaafbraak.

rond de tand, de afschilfering van het tandvleesepitheel en de stroming van vocht, het exudaat, uit het weefsel. De afschilfering van het tandvleesepitheel zorgt voor de afvoer van de bacteriën. De bacteriën die aan de epitheelcellen zijn gehecht worden met cel en al afgevoerd, de andere bacteriën drijven met de exudaatstroom mee naar buiten. Een aantal bacteriën ontduikt de afweer door zich aan de tand te hechten, andere kunnen zich van het epitheel losmaken of tegen de stroom opzwemen en handhaven zich op die manier in de tandvleesplooi.

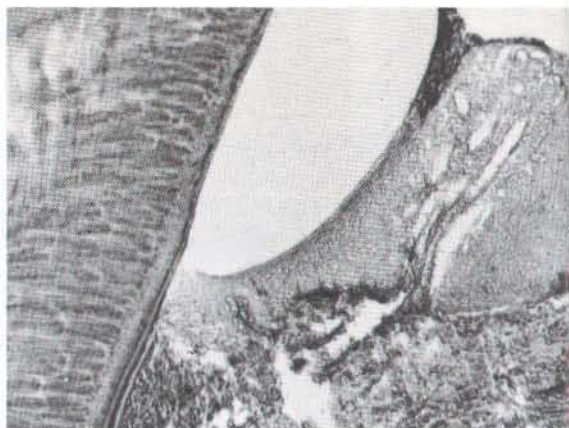
Tandvleesontsteking

Als bij het tandenpoetsen het tandvlees gaat bloeden, is dat een teken van tandvleesontsteking. Men neemt aan dat tandvleesontsteking ontstaat door afvalprodukten en enzymen van de bacteriën in de tandplak. De enzymen maken het epitheel doorlaatbaar, de afvalstoffen irriteren het tandvlees (de gingiva) en veroorzaken een ontstekingsreactie, die gingivitis wordt genoemd.

Bij patiënten met tandvleesafbraak of parodontitis, worden in de tandvleesplooi voorna-

melijk gramnegatieve bacteriën aangetroffen. Ook deze bacteriën produceren stoffen, die schadelijk zijn voor het weefsel, zoals boterzuur, ammoniak en zwavelwaterstof, terwijl bij lysis (uiteenvallen) van deze bacteriën bepaalde celwandproducten (endotoxinen) vrijkomen, die een heftige ontstekingsreactie oproepen. Verschillende bacteriën in de tandplak produceren proteolytische (eiwitafbrekende) enzymen die het tandvleesweefsel en kaakbot, tezamen het parodontium genoemd, kunnen afbreken. Door de afbraak van het weefsel, het wortelvlies en het kaakbot, verliest de tand zijn steun.

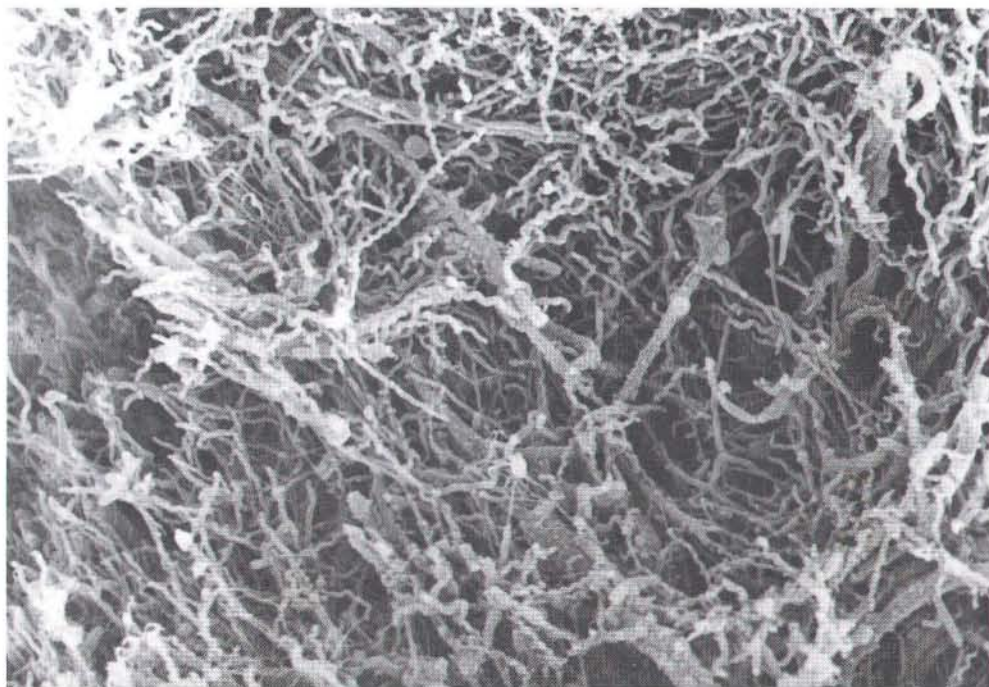
In de strijd tussen bacteriële aanval en afweer ontstaan er gaten in het tandvleesepitheel. Uit deze gaten komen leucocyten (witte bloedlichaampjes) naar buiten die de binnendringende horde bacteriën trachten op te eten. Fagocytose heet dit proces. Het serum van deze patiënten bevat specifieke afweerstoffen, immunoglobulinen, die gericht zijn tegen de bacteriën in de tandvleesplooi. In het weefsel worden ook specifieke afweercellen aangetroffen. Deze lymfocyten zijn in staat bepaalde binnengedrongen bacteriën te doden.

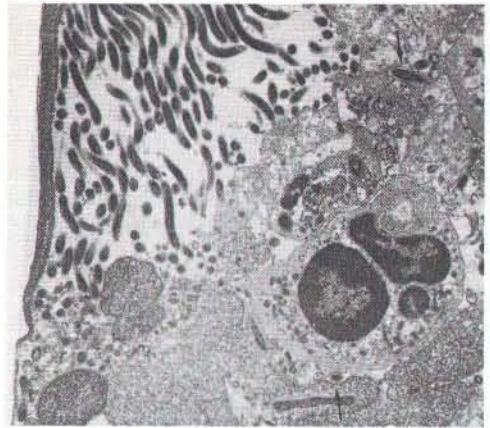
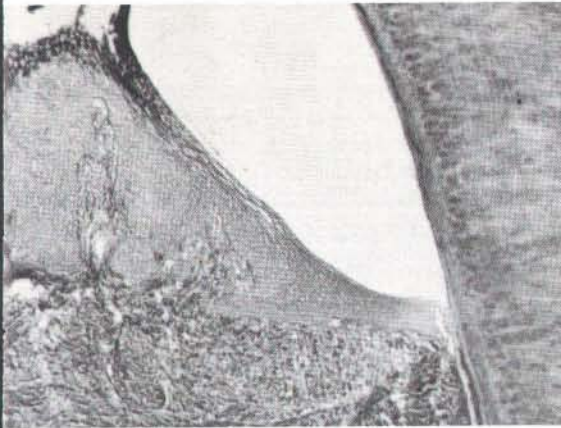


Het weefsel van een tandvleespapil tussen het glazuur (wit) van twee tanden wordt boven door bacteriën aangevallen, waardoor het weefsel afsterft. In het weefsel zijn dan de binnengedrongen spirocheten zichtbaar.

Het diepste punt van een ontstoken tandvleesplooi is rechtsboven bevolkt met spirocheten en andere tandvleesbacteriën (links). De donkere vlekken behoren tot een afweercel (een polymorfkernige leucocyt).

Tandplak uit de tandvleesplooi met zeer veel spirocheten op de foto hieronder. Dit preparaat is afkomstig van een patiënt die lijdt aan tandvleesafbraak (parodontitis).





Bacteriën omzeilen de afweer

Bacteriën kunnen de afweer van het lichaam op verschillende manieren omzeilen. Sommige maken enzymen die afweerstoffen zoals immunoglobulinen afbreken. Andere bacteriën zijn meer gespecialiseerd in het uitschakelen van de afweercellen. De simpelste manier is het doden van de leucocyten met leucotoxinen. Sommige bacteriën produceren een zwerm losse celwandbestanddelen. De fagocyten storten zich op die zwerm losse antigenen, verzadigen zich ermee, waardoor alle hechtingsplaatsen op de fagocyterende cellen worden bezet en de bacterie zelf gespaard blijft. Weer andere bacteriën maken zich onherkenbaar door hun celwandstructuur en dus hun antigenen enigszins te veranderen. Alle bacteriën, die zich in de tandvleesplooi kunnen handhaven, gebruiken waarschijnlijk één of meer van deze ontsnapingsmethoden. Hetzelfde ziet men bij de darmflora, die zich ondanks de plaatselijke afweermechanismen in de darm kan handhaven. De eigen bacteriesoorten worden in de darm getolereerd, maar een vreemde besmetting van dezelfde soort leidt soms tot heftige reacties, zoals velen in het buitenland tot hun ongenoege ervaren.

Soms slagen de bacteriën erin het lichaam binnen te vallen, zoals in geval van acute tandvleesontsteking, waarbij bacteriën in het tandvlees worden aangetroffen. Zo kunnen spirocheten zich tussen de epitheelcellen door schroeven en het tandvlees binnendringen. De invasie van bacteriën evenals de te hulp gesnel-

de afweercellen laten in het weefsel rond de tand een spoor van vernielingen achter in de vorm van afbraak van tandvlees en kaakbot. Deze slopende strijd kan worden gestopt door verwijdering van de bacteriën uit de tandvleesplooi. Daarvoor is meestal professionele gebitsreiniging nodig. Gebeurt dit niet, dan gaat de tand loszitten en valt uit.

Kweektechnieken

De tandarts-bacterioloog Miller stelde in de vorige eeuw de vraag of tandvleesziekte door een bepaalde bacterie wordt veroorzaakt. Hij bestudeerde de bacteriën op gezonde en zieke plaatsen in de mond, deed een aantal experimenten en kwam tot de conclusie dat bij tandvleesontsteking géén specifieke bacteriën betrokken waren. Maar Miller was zich ervan bewust, dat dit gold voor de kweekbare bacteriën en dat er mogelijk bacteriën waren, die nog niet gekweekt konden worden.

Inderdaad is door verbeterde kweektechnieken in de laatste tien jaar, een hele groep micro-organismen in reïncultuur gekweekt. Dat is de groep van strikt anaerobe micro-organismen, waarvoor soms sporen zuurstof al dodelijk zijn. Ook in de mond komen deze anaeroben voor; recent werden drie nieuwe soorten orale *Bacteroides* beschreven. Dat deze bacteriën in de mond voorkomen, lijkt een wonderlijke zaak. Maar in de tandplak gebruiken de aerobe bacteriën de zuurstof en maken de tandplak daardoor geschikt voor de overleving en groei van anaeroben.



Moderne anaerobe kweekmethoden. De plastic ballon is gevuld met een stikstof-waterstofmengsel. De metalen buis is de sluis, waardoor materialen in- en uitgevoerd worden. Zuurstof die naar binnendringt, wordt met waterstof via een palladiumkatalysator weggevangen.

Men is door de nieuwe anaerobe kweektechnieken opnieuw in de gelegenheid de nog steeds niet opgeloste vraag te onderzoeken of tandvleesziekten door specifieke, anaerobe bacteriën worden veroorzaakt.

Orale spirochetes

Bacteriën die tot voor kort niet konden worden bestudeerd zijn bijvoorbeeld de orale spirochetes. Het zijn normale mondbacteriën. Zij behoren tot het bacteriegeslacht *Treponema*, waartoe ook *Treponema pallidum* behoort, de verwekker van de geslachtsziekte syfilis.

Men weet nog weinig van de orale spirochetes, doordat ze moeilijk te kweken zijn. Zij vormen geen kolonies op vaste voedingsbodems en kunnen uitsluitend worden gekweekt onder strikt anaerobe omstandigheden. Spirochetes kunnen zich verplaatsen door schroevende bewegingen. Daarbij spelen de fibrillen binnen de cel een belangrijke rol. De fibrillen werken als de wielen bij een rupsvoertuig. De wielen (fibrillen) houden de rupsband (celwand) in beweging en verplaatsen het voertuig (de cel) zonder zelf de ondergrond te raken.

INTERMEZZO

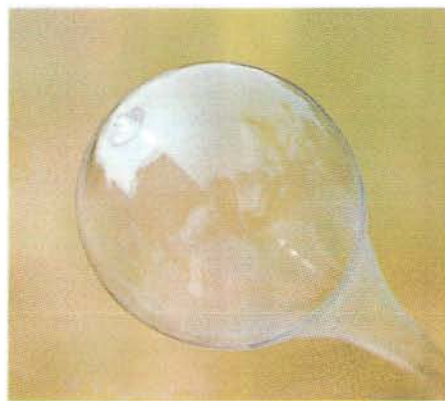
De microscopen van Antoni van

Tijdens het leven van Antoni van Leeuwenhoek trokken zijn microscopische waarnemingen de aandacht van geleerden en vorsten. Sinds die tijd vraagt men zich af hoe hij zijn lenzen vervaardigde en hoe hij met zijn enkelvoudige microscopen, eigenlijk niet meer dan een vergrootglas, bacteriën kon waarnemen.

Van Leeuwenhoek schrijft dat hij bij het bestuderen van bacteriën met de zelfgemaakte microscopen een 'bijzondere methode in 't observeren' gebruikt heeft, maar hij legt die methode niet uit. Men staat nog steeds voor het raadsel hoe hij zo nauwkeurig bacteriën en met name de uiterst dunne (ca. $2\mu\text{m}$) spirochetes heeft kunnen beschrijven.

Recente metingen aan de nog resterende negen microscopen van Antoni van Leeuwenhoek hebben aan het licht gebracht dat de messing microscop in het Utrechts Universiteitsmuseum een geblazen lens bevat die het sterkst vergroot, een factor 266x, en een oplossend vermogen heeft van $1,35\mu\text{m}$. De andere microscopen bevatten geslepen lenzen met een geringere vergrotingsfactor.

Het is niet uitgesloten dat Van Leeuwenhoek het gebruik van een dekglasje kende. Hij gebruikte mica voor het fixeren van sommige preparaten. Maar een gedetailleerde waarneming

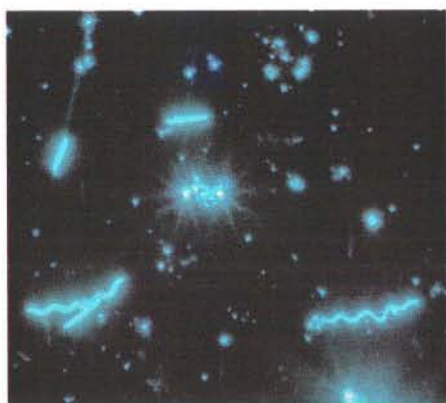


Boven: Als een glazen buis wordt dichtgesmolten en het uiteinde tot een bol wordt geblazen, ontstaat er op de bol een lensvormige verdikking. Van Leeuwenhoek heeft deze methode ook gebruikt. Het is bekend dat hij zijn lenzen sleep uit glas of bergkristal maar soms ook lenzen van geblazen glas heeft gebruikt.

Leeuwenhoek



Een van de microscopen van Antoni van Leeuwenhoek. Van de meer dan 300 vervaardigde instrumenten zijn er nog slechts een tiental over. Deze messing microscoop heeft een vergrotingsfactor van 118x. Het object werd op het pinnetje bevestigd. Voor het waarnemen van bacteriën hield Van Leeuwenhoek zijn microscopen waarschijnlijk ondersteboven, met een druppel water aan het object-pinnetje. De lens bevindt zich in het gaatje bovenin.



Boven: Het principe van de donkerveld-microscoop is dat het object wordt waargenomen met strooilight, terwijl het directe licht buiten de microscoop valt (het zelfde effect als stofdeeltjes bij diaprojectie). Bacteriën uit de tandvleesplou lichten hier op als stofdeeltjes in een lichtstraal.

van beweeglijke bacteriën in een nat preparaat onder mica dekglasje lijkt door hun geringe contrast en afmetingen bij de genoemde vergroting uitgesloten.

Van Leeuwenhoeks opmerking in de brief van 22 januari 1675 over rode bloedcellen die eruit zien als *'santgens ... die men op een zwart zyde taff zoude moge werpen'* lijken op een beschrijving van een donkerveld-beeld. Zoals stofdeeltjes zichtbaar worden in de straal van een diaprojector, zo wordt in de huidige microscopie het object van opzij belicht tegen een donkere achtergrond, donkerveld genaamd. Maar ook dan zijn bij een vergroting van 266x de windingen van de spirocheten niet waarneembaar. Mogelijk is dit niet de volledige verklaring voor Van Leeuwenhoeks *'bijsondere metode'*.

Van Leeuwenhoek beschrijft de bewegingen van de dierkens *'die als een snoek door het water'* schoten of *'als een tol rond draaiden'* dan wel *'door malkanderen'* vlogen als een *'groot getal van muggen of vliegen'*.

Hieruit valt op te maken, dat Van Leeuwenhoek de bacteriën in natte preparaten heeft waargenomen, waarschijnlijk een druppel. Hij moet daarbij zijn microscoop zó vastgehouden hebben, dat aan het objectstaafje een druppel hing. De bolling van deze waterdruppel en het vergrotingseffect daarvan heeft tot nu toe weinig aandacht gekregen bij de verklaring van Van Leeuwenhoeks waarnemingen. Deze vergroting van de druppel, waarin de bacteriën waren gesuspendeerd, maakte van de enkelvoudige microscoop van Van Leeuwenhoek een samengestelde microscoop met een vergrotingsfactor van 500x of hoger.

Om zo'n hangende druppel te krijgen moet de objectschroef zich dicht bij de lens bevinden en naar beneden wijzen. Dit was waarschijnlijk de manier, waarop Van Leeuwenhoek de microscoop gebruikte voor het bestuderen van de bacteriesuspensies.

De conclusie is dat Van Leeuwenhoek in sommige van zijn microscopen een samengesteld lenzensysteem creëerde, de glazen lens en de waterdruppel, waarin de bacteriën waren gesuspendeerd. Te zamen met de donkerveld-theorie is dit een voldoende verklaring voor Van Leeuwenhoeks waarneming van spirocheten en andere beweeglijke bacteriën. Bij deze *'bijsondere metode'* heeft Antoni van Leeuwenhoek waarschijnlijk zijn microscoop ondersteboven gehouden.

Door gebruik te maken van die beweeglijkheid slaagde men erin om reïnculturen van orale spirocheten te krijgen. Een beetje tandplak werd weggenomen in de buurt van ontstoken tandvlees en meteen in een voedingsbodem gestoken. Het bleek dat de beweeglijke spirocheten zich door de voedingsbodem verspreiden. Zij konden worden geïsoleerd door op enige afstand van de entingsplaats monsters te nemen uit de voedingsbodem. Verschillende orale treponema's blijken proteolytische activiteit te bezitten, een eigenschap die slechts bij enkele andere orale micro-organismen wordt aangetroffen.

Uit een aantal waarnemingen moet worden geconcludeerd dat orale treponema's tot de potentieel pathogene micro-organismen behoren. Zij komen in veel hogere aantallen voor op zieke dan op gezonde plaatsen in de mond. Ze worden aangetroffen in het weefsel, bezitten proteolytische activiteit en in het serum van parodontitispatiënten worden antistoffen tegen orale treponema's gevonden. Hetzelfde geldt voor een ander anaeroob oraal micro-organisme, *Bacteroides gingivalis*, dat echter in tegenstelling tot de orale treponema's geen eigen bewegingsapparaat bezit, waarmee de laatste het weefsel kunnen binnendringen.

Of de spirocheten in het weefsel de oorzaak zijn van tandvleesafbraak is niet bekend. Het omgekeerde is ook mogelijk: eerst is er aantasting van het weefsel door bacteriële producten en de lytische enzymen die vrijkomen bij de ontstekingsreactie en vervolgens zien de spirocheten hun kans schoon het weefsel te invaderen.

Ondanks de onzekerheid betreffende de pathologie van orale treponema's wordt hun aanwezigheid in de pocket gebruikt als indicator van een pathogene microflora. Gebruikmakende van de donkerveldmicroscopie en door het tellen van de spirocheten in de tandplakmonsters is de tandarts of mondhygiëniste in staat de samenstelling van de pocketflora te bepalen. Dit is van belang bij de evaluatie van het effect van de behandeling, maar het kan ook worden gebruikt ter informatie van de patiënt. Dat laatste deed Van Leeuwenhoek al. Hij liet zijn gasten, die een 'stinkende adem' hadden, zien "*datter meer dieren in de vuyligheyt op de tanden waren dan menschen in een gantsch koninkrijk en voornamentlijk in diegeene die haar mond niet en reynigde*".



Parodontitis: Hier zijn de gevolgen van de afbraak van steunweefsel duidelijk zichtbaar. Het tandvlees is teruggetrokken. De tandhals, een deel van de tandwortel, ligt bloot.

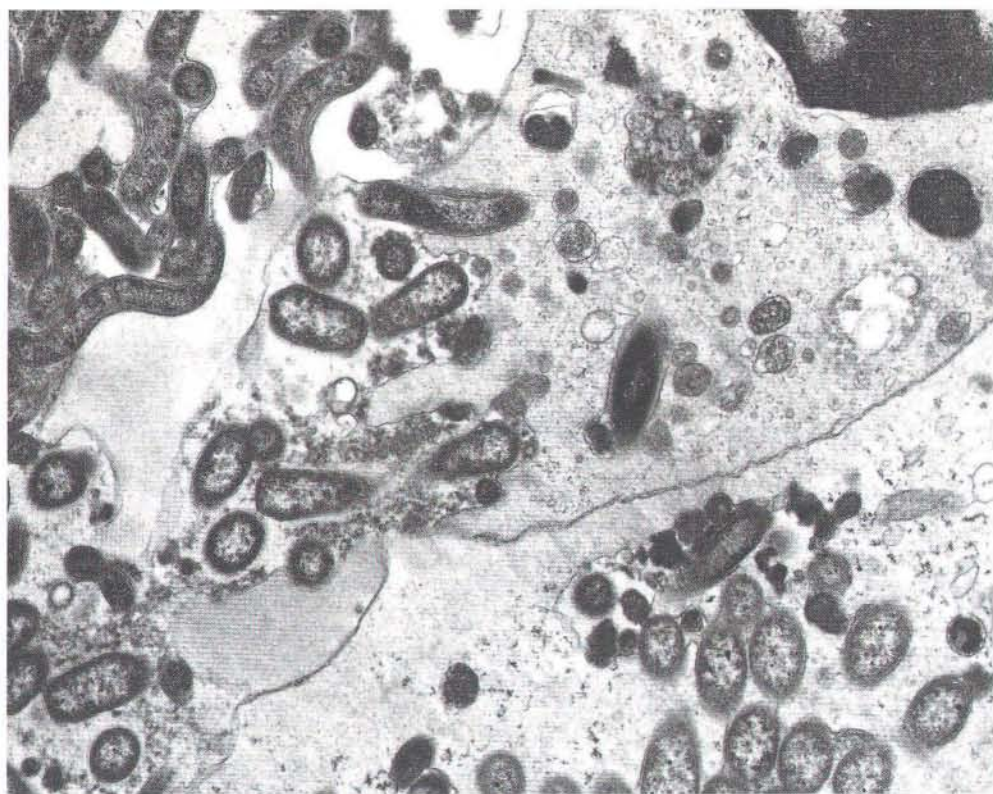
Een röntgenfoto van dezelfde tanden laat duidelijk het aanzienlijke botverlies zien. Normaal zou het kaakbot het grootste deel van de tandwortel bedekken.

Rechts: Aanval en afweer in de tandvleesplooi. De bacteriën van de tandplak (links) worden gefagocyteerd (opgenomen) door afweercellen. Tijdens perioden van verminderde weerstand slaagt een aantal bacteriën erin deze afweer te passeren en het weefsel binnen te dringen.

Besmettelijkheid

De recente waarnemingen betreffende de relatie van bepaalde bacteriën en tandvleesafbraak doen opnieuw de vraag rijzen naar de besmettelijkheid van tandvleesziekten. Zoals King zichzelf besmette met bacteriën uit een tandvleesulceratie en ten tijde van verlaagde weerstand een lokale infectie induceerde, is in een recent experiment bij honden de besmettelijkheid van tandvleesulceraties aangetoond.

Tandplak van een hond met acute tandvleesulceraties werd gebruikt om twee groepen van drie honden te besmetten. In drie dieren werd bovendien de weerstand verlaagd met hormoonachtige stoffen (corticosteroiden). De drie controledieren hielden na besmetting een gezond tandvlees, de drie honden met verlaagde weerstand vertoonden binnen 20 dagen na besmetting tandvleesulceraties, waarbij in het tandvlees spirocheten werden gevonden. Waaruit blijkt dat onder bepaalde omstandig-



heden tandvleesulceraties van het ene dier op het andere kunnen worden overgebracht.

Besmetting en vestiging van potentieel pathogene micro-organismen hoeft niet altijd tot infectie te leiden. Misschien is het in de mond zo dat ten tijde van verlaagde weerstand bepaalde bacteriën tandvleesafbraak veroorzaken. Onder normale omstandigheden krijgen die bacteriën geen kans om zich in de mond te vestigen of worden door de afweer van de gastheer in toom gehouden. Weerstandsverlaging leidt dan tot vermeerdering en weefselinvasie van reeds aanwezige bacteriën, die in korte tijd ernstige schade toebrengen.

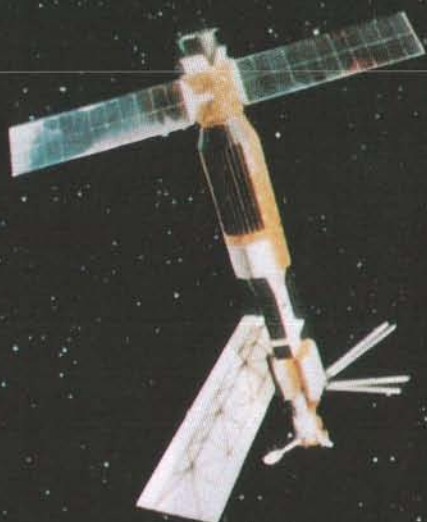
De vestiging en activiteit van micro-organismen in de mond en de afweer van de gastheer zijn de belangrijkste gebieden van onderzoek in de parodontologie. In afwachting van de resultaten rest ons niets beters dan dagelijks de tanden te reinigen, zodat het tandvlees niet komt te bloeden. Maar dat schreef Van Leeuwenhoek al in 1683.

Literatuur

- Dobell, C., (1958). *Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals"*. Russell and Russell, New York.
 Lindhe, J., (1984). *Parodontologie*. Samson en Stafleu, Alphen a/d Rijn. Ned. Vereniging voor parodontologie, Amsterdam. ISBN 90 6065 119 7
 Mikx, F.H.M., (1977). *Tandbederf en tandvleesontsteking*. Natuur en Techniek 45, 2, pag. 122-137.
 Zuylen, J. van, (1981). *On the microscopes of Antoni van Leeuwenhoek*. Janus 68, pag. 159-198.

Bronvermelding illustraties

- Het Ivoren Kruis, Rotterdam: pag. 770.
 Museum Boerhaave, Leiden: pag. 772.
 J.P. Rodenburg, afd. Parodontologie, VU Amsterdam: pag. 774 boven, 780.
 P. Cant, Nijmegen: pag. 774, 778 links, 779 onder.
 J.C. Maltha, Nijmegen: pag. 776-777.
 H.E. Schroeder, Zürich: pag. 776, 781.
 uit: Lindhe, J. (ed.): *Textbook of Clinical Parodontology*, 1984, Munksgaard, Kopenhagen/J. Theilade: pag. 777.
 M. Coelen, Cuyk: pag. 778 onder.
 Met dank aan J. Paalman, Nijmegen.



LASER WAPENS

Tot voor kort bestonden laserwapens alleen in de hoofden van science-fictionschrijvers. Hun fantasie begint echter werkelijkheid te worden: in de Verenigde Staten is een ambitieus programma voor de ontwikkeling van laserwapens tot stand gekomen. Met name richt men zich daarbij op lasers aan boord van satellieten, die in staat zijn om van grote afstand intercontinentale raketten neer te schieten. Voor een dergelijke taak komen met name kortgolvlasers

Willem de Ruiter
Natuurkunde en Samenleving
TH Eindhoven

The image shows a dark, star-filled sky. In the upper left, a white, multi-segmented structure, likely a ground-based laser facility, emits a powerful, reddish-orange conical beam of light. This beam extends across the upper half of the frame, narrowing as it approaches a small, white, cylindrical satellite in the upper right. The satellite has some details visible on its side. At the bottom of the image, the curved horizon of the Earth is visible, showing a blue and white cloud-covered surface.

Een kostbare illusie

in aanmerking. Laserwapens kunnen echter ook in de atmosfeer toegepast worden. Hierbij gaat het dan vooral om langgolvige lasers. Voordat de toepassing een feit is, moet nog menig technisch probleem opgelost worden. Zo zijn voor gebruik in de ruimte grote hoeveelheden energie nodig; de opwekking daarvan is zeer moeilijk. Voorts is het probleem van de kwetsbaarheid van de in de ruimte gestationeerde wapens nog niet van de baan.

Een schietpartij in de ruimte. Een laserwapenstation dat zich in de buurt van een kwetsbare verbindingssatelliet bevindt, rekent af met een belager. Toekomstbeeld of fantasie?

Direct na de vervaardiging van de eerste laser door Maiman in 1960 slaagde de natuurkundige Schawlow erin met de robijnlaser een soort laserpistool te maken. Vanaf dat moment heeft de gedachte aan laserwapens voortdurend gespeeld. Laserwapens drongen als 'dodende straal' de science fictionliteratuur binnen. Het oudste voorbeeld is 'De oorlog der werelden' van H.G. Wells, dat vlak voor de eeuwwisseling verscheen. In dit boek vernietigen de Martianen alles wat op hun weg komt met hittestraalen. Een recent voorbeeld is de film 'Star Wars' van Steven Spielberg.

De laserwapens kwamen ruim een jaar geleden sterk in de belangstelling door de toespraak van president Reagan, bijgenaamd de Star Wars-toespraak, op 23 maart 1983. Deze toespraak gaf het startsein voor een omvangrijk laserwapenprogramma. Het ziet er naar uit dat binnenkort ook dit deel van de science fictionliteratuur werkelijkheid wordt.

Eigenschappen van de laser

De laser onderscheidt zich van een gewone lichtbron door de volgende eigenschappen. Het laserlicht is zeer *coherent*, dat wil zeggen dat alle laserfotonen keurig in de pas lopen zoals militairen tijdens een mars. Fysisch drukt men dit uit door te zeggen dat de laserfotonen in fase zijn.

Laserstraling is *monochromatisch*, dat wil zeggen zij heeft precies één kleur, één scherp bepaalde frequentie en golflengte. Het verband tussen de frequentie en de golflengte wordt gegeven door:

$$\lambda \cdot \nu = c$$

Hierin is ν de frequentie, λ de golflengte en c de lichtsnelheid ($3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). De energie van een laserfoton kan berekend worden uit:

$$E = h \cdot \nu$$

waarin h de constante van Planck is ($6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$).

Uit bovenstaande relaties volgt direct dat hoe korter de golflengte van de laserstraling is, hoe groter de energie van het desbetreffende foton. Je hebt dus minder kortgolelige fotonen nodig om dezelfde hoeveelheid energie over te dragen dan met langgolelige fotonen.

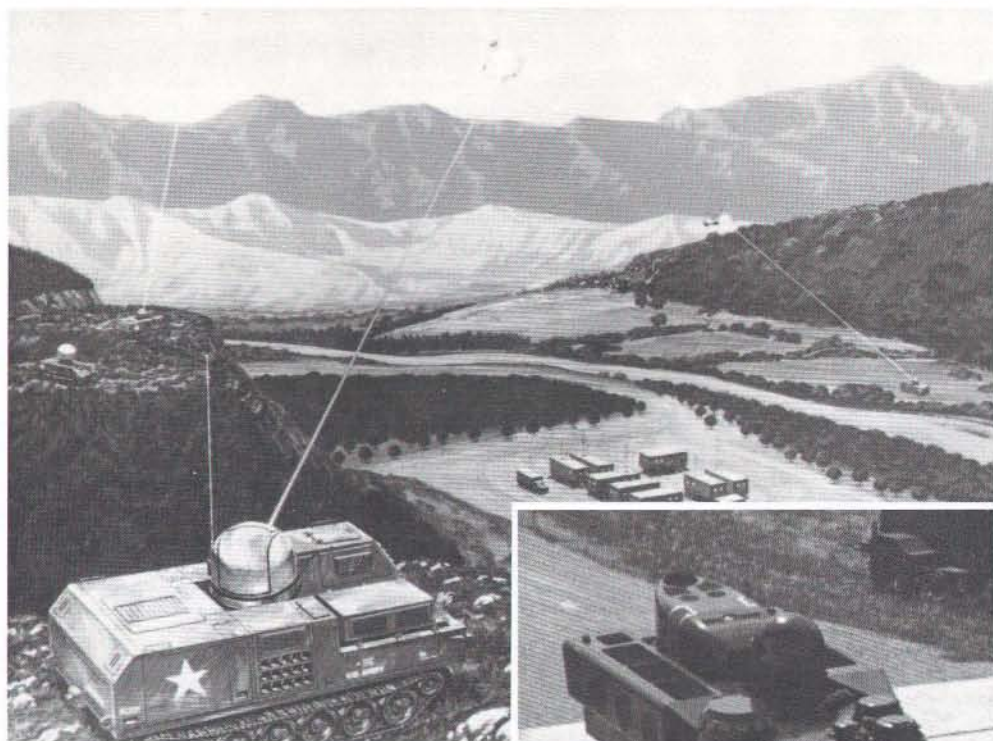
Het is mogelijk met een laser *zeer grote vermogensdichtheden* te behalen. Speciaal voor dit doel worden hoogvermogenlasers ontwikkeld. De gemiddelde intensiteit van het zonlicht in West-Europa is $0,01 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$. Met een sterke kwiklamp kan men intensiteiten van circa $1000 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ halen. Met de laser zijn al intensiteiten gerealiseerd van $10^{15} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$. De laser levert in dat geval gedurende zeer korte tijd (bijv. een miljardste seconde) viermaal zoveel energie als op dat moment op de hele wereld wordt geconsumeerd! De hoge vermogensintensiteiten zijn zowel voor de laserwapens als voor het laserfusie-onderzoek van belang.

Ten slotte is een laserbundel *ruimtelijk zeer nauw begrensd*. De ruimtelijke spreiding van een laserbundel wordt alleen veroorzaakt door de buiging van de laserstraling. De buigingshoek θ wordt door een eenvoudige betrekking gegeven:

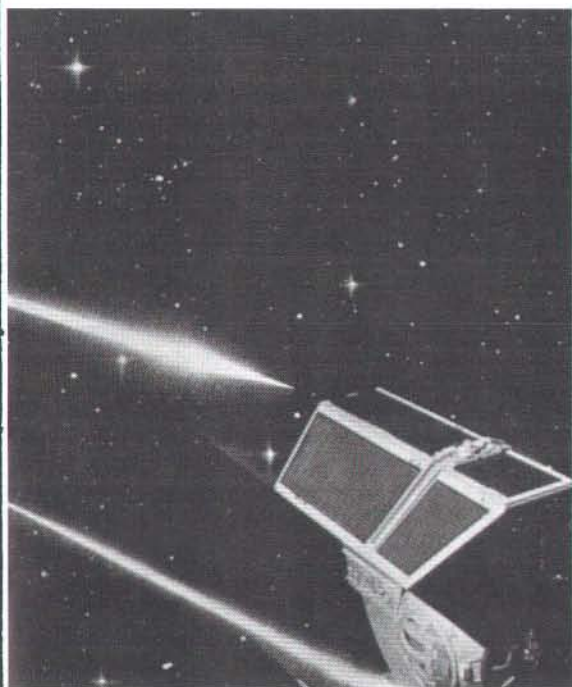
$$\theta = \frac{\lambda}{d}$$

Hierin is λ de golflengte en d de diameter van de richtspiegel. Omdat λ altijd veel kleiner





Boven: Fictie en realiteit van een luchtdoelwepensysteem voor het Amerikaanse leger. Van dit type, de LTVP-7, is inmiddels een prototype gebouwd (inset), waarmee de bruikbaarheid van dit soort wapens onderzocht wordt.



Links: Laserwapens spreken tot de verbeelding. Een scène uit de film 'Star Wars'.

is dan d, is gemakkelijk in te zien dat laserstraling over een afstand van enkele duizenden kilometers bij een voldoende grote spiegel slechts een lichtvlek in de orde van een vierkante meter veroorzaakt.

Naast deze verschillen tussen laserstraling en andere bronnen van elektromagnetische straling zijn enkele andere eigenschappen van een laserbundel van belang. Een laser kan *continu werken* of *gepulst*; voor de laserwapens zijn vooral de gepulste lasers interessant. Men is er

Het principe van de laser

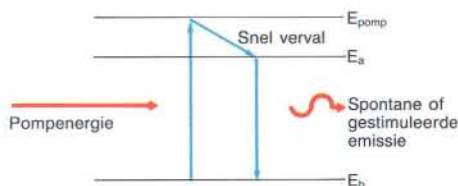
Het woord laser staat voor de afkorting: *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (lichtversterking door gestimuleerde emissie van straling). Hierdoor onderscheidt de laser zich van een gewone lichtbron die gekenmerkt wordt door spontane emissie.

Reeds in 1917 wees A. Einstein op de mogelijkheid van gestimuleerde emissie. Om deze gestimuleerde emissie te realiseren is het noodzakelijk dat de bezetting van een aangeslagen toestand van een atoom of molecule groter is dan die van de grondtoestand (zie fig. I-1). Normaal is het aantal atomen in de grondtoestand veel groter dan het aantal in de aangeslagen toestand. Om het omgekeerde te realiseren, moeten de atomen van de toestand E_b naar de toestand E_{pomp} worden gebracht. Dit noemt men het *pompen* van de laser. Veelal gebeurt dit d.m.v. lichtflitsen, gasontladingen of door gebruik te maken van energie uit chemische reacties.

Is de inverse bezetting een feit, dan kan er laserwerking optreden. Wanneer één atoom een foton uitzendt tengevolge van de overgang van E_a naar E_b , dan is de energie van dit foton:

$$h\nu = E_a - E_b$$

Dit foton₁ past precies tussen de niveau's E_a en E_b van een ander atoom en kan dit atoom stimuleren een foton₂ uit te zenden. Voortdurende

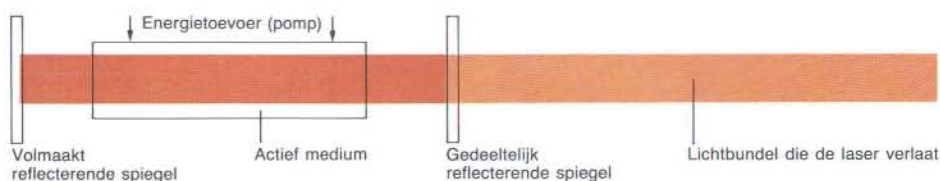


herhaling van dit proces doet een lawine fotonen ontstaan. Al deze fotonen zijn met elkaar in fase en bezitten dezelfde frequentie.

Omdat na één doorgang van deze lawine van fotonen door het lasermedium de versterking nog vrij klein is, maakt men gebruik van spiegels zodat de bundel fotonen vele malen door het lasermedium gaat (zie fig. I-2). Tengevolge van de vele reflecties tussen de spiegels doven de golven die niet evenwijdig zijn met de optische as uit.

Eén van de toepassingen van laserwapens in de atmosfeer is die tegen laagvliegende projectielen op zee. Onder de lancering van de bekende Exocet-raket; rechts het inslaan van de raket tijdens een proefneming.



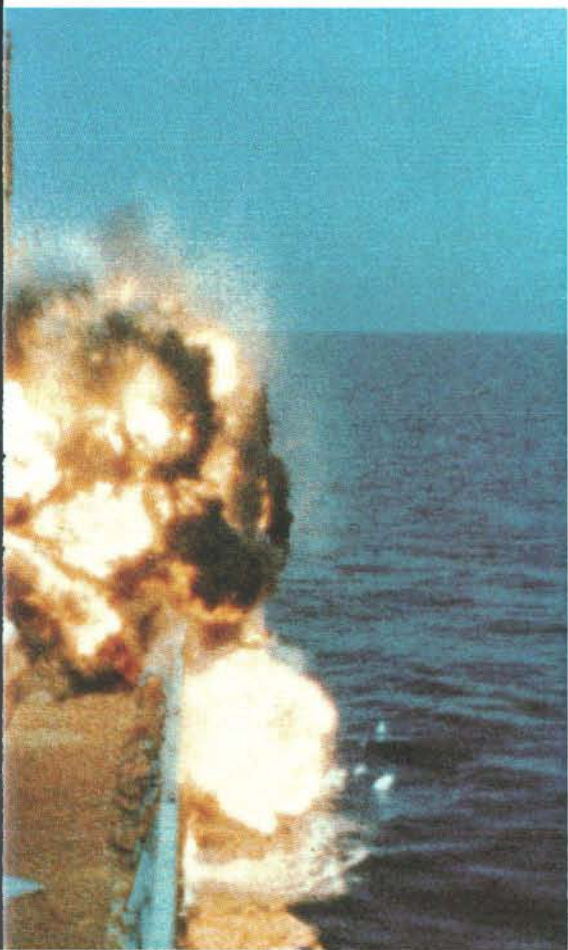


De laserbundel is daardoor ruimtelijk scherp begrensd. De laserstraal verlaat het lasermedium door één van beide spiegels die met opzet enigszins doorlatend is gemaakt.

Tot voor kort vond er alleen laserwerking plaats met behulp van elektronen die gebonden zijn aan atomen of moleculen. De gestimuleerde emissie kan dan worden beschreven met een niveauschema als in fig. I-1. Recentelijk is het mogelijk gebleken met vrije elektronen laserwerking te verkrijgen.

Linksboven: Fig. I-1. Atomen en moleculen bevinden zich doorgaans in een energetische grondtoestand. Door toevoegen van energie ('pompen') komen ze in een 'aangeslagen' toestand. De elektronen bevinden zich dan in een ruimere baan om de kern. Vallen de elektronen terug naar hun oorspronkelijke baan, dan komt energie vrij in de vorm van fotonen.

Boven: Fig. I-2. De vrijkomende fotonen worden gereflecteerd tussen twee spiegels. Eén daarvan is gedeeltelijk doorlatend. Door deze treedt de laserbundel naar buiten.



in geslaagd zeer korte laserpulsen te maken, in de orde van femtoseconden (1 femtoseconde = 10^{-15} s). Behalve de pulsduur is ook de *pulsherhalingsfrequentie*, dat wil zeggen het aantal pulsen per seconde, van belang.

Het *vermogen* van de laser is doorslaggevend voor de vraag of laserwapens mogelijk zijn. Bij een laser is de geleverde *energie* gelijk aan het produkt van het vermogen en de tijd dat de laser werkt; bij een gepulste laser is dat de pulsduur. Voor laserwapens moet de energie per puls ongeveer één miljoen joule (1 MJ) bedragen. Dit is een enorm hoge energie. Wanneer we deze energie echter vergelijken met de energie die vrijkomt bij andere wapensystemen, dan blijkt de laserenergie niet veel voor te stellen. Een moderne 7,62 mm kogel heeft een energie van 10^4 J. Een 1 MJ laserbundel komt dus overeen met een regen van 100 kogels. Bij een explosie van 1 kg TNT komt 4,6 MJ vrij. De 1 MJ laserbundel bevat dus evenveel energie als 220 g TNT. Hieruit blijkt al direct dat een laserwapen nooit als massavernietigingswapen kan worden gebruikt, maar slechts als een wapen gericht tegen andere wapens: intercontinentale raketten, vliegtuigen, tanks, e.d. Het laserwapen wordt daarom ook wel gepropageerd als een echt defensief wapen.

TABEL 1. Aangerichte schade bij verschillende energiedichtheden.

Energiedichtheid (J·cm ⁻²)	Aangerichte schade
10 ⁻⁵	Beschadiging van het netvlies
10 ⁻⁴	Verblindings van optische sensoren van satellieten
1	Beschadiging van het hoornvlies
10	Mechanische schade aan optische sensoren en zonnecellen
15	Verbranden van blootgestelde huid
300	Vernietiging van 'zachte' raketten
1000	Vernietiging van 'gemiddelde' raketten
5000	Doorboren van 3 mm dikke plaat aluminium
10000	Vernietiging van 'harde' raketten

Rechts: Het resultaat van de test met de Exocet: een groot gat in de romp. In de Falkland-oorlog werd de Britse kruiser Sheffield op dergelijke wijze tot zinken gebracht.

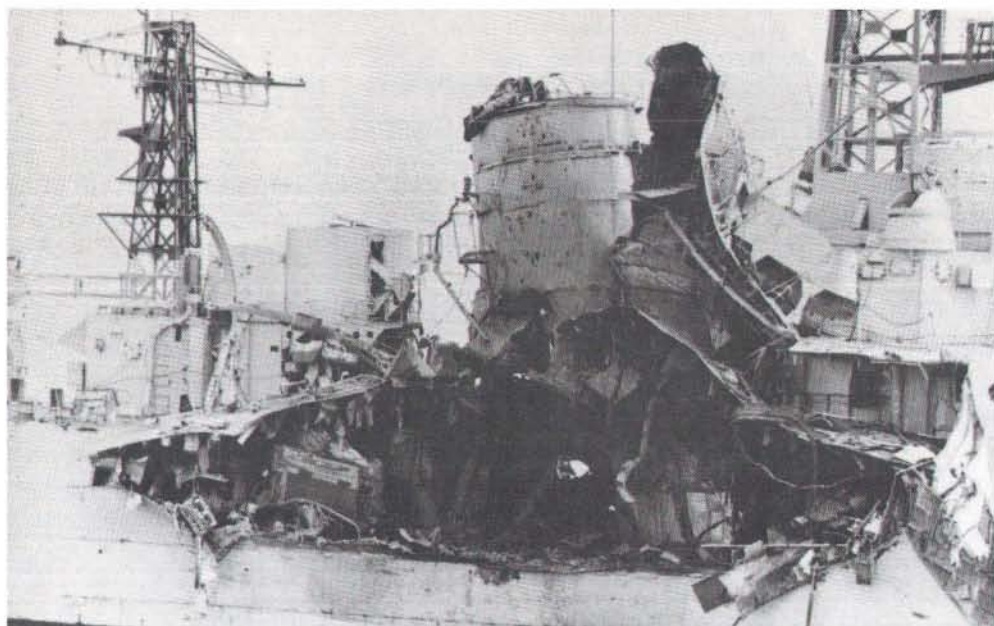
Laserwapens in de atmosfeer

Laserwapens kunnen zowel in de ruimte als in de atmosfeer worden gebruikt. Het meest tot de verbeelding sprekende gebruik is als ruimtewapen, maar het laserwapen zou ook dienst kunnen doen ter verdediging van zeer grote schepen, van lanceerinstallaties of van belangrijke civiele doelen. Men moet bij de verdediging van schepen bijvoorbeeld denken aan laag over zee vliegende raketten. Het tot zinken brengen van een Engels schip door een Franse Exocet-raket tijdens de Falkland-oorlog, heeft de noodzaak van zo'n verdediging duidelijk gemaakt. De Exocet kan pas op een afstand van 15 km door de radar worden ontdekt. Er resten dan nog slechts 45 seconden om de raket te vernietigen.

Een laserbundel vernietigt een raket wanneer er per cm² een energie van 1000 tot 10000 J wordt overgedragen (zie tabel 1). De vernietiging van de raket vindt plaats tengevolge van een aantal fysische mechanismen. De laserenergie zal een buitengewoon heet plasma (een gas bestaande uit geladen deeltjes) veroorzaken op de mantel van de raket. Door dit plasma ontstaat er een schokgolf waardoor het omhulsel van de raket gaat scheuren. In de

tweede plaats zal het omhulsel door de absorptie van thermische energie gaan smelten, verdampen of in brand vliegen. Tenslotte zal intense elektromagnetische straling afkomstig uit het plasma de elektronica in de raket verstoren of verwoesten. De totale impulsverdracht die de mechanische schade veroorzaakt, wordt bepaald door de energiedichtheid van de bundel, de pulsduur, de golflengte, het oppervlak van het doel en de luchtdruk. Ook de thermische verschijnselen worden door een groot aantal parameters bepaald. Met name de

Lasereigenschap	
Golflengte (μm)	
Energiedichtheid (J·cm ⁻²)	
Pulsduur (μs)	
Vermogensdichtheid (W·cm ⁻²)	
Totale energie per puls (kJ)	



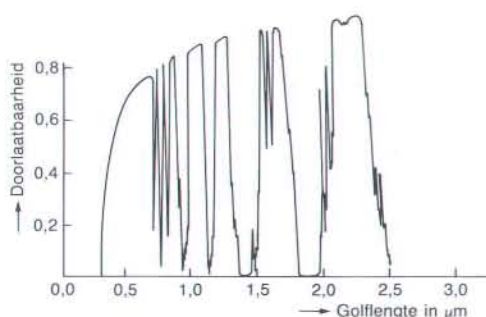
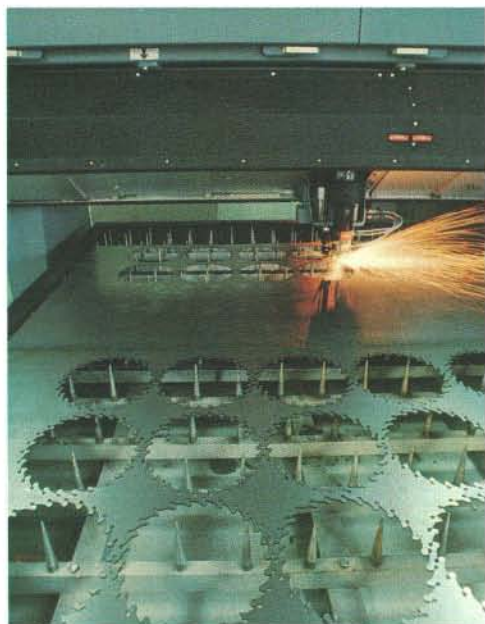
golfenlengte van de laserstraling is belangrijk. Langgolvige (infrarode) straling wordt voor een groot deel door metalen gereflecteerd, terwijl kortgolvige (röntgen-, ultraviolet) straling zich door elk metaal heenvreest.

De vernietiging van de raket verloopt het best wanneer de energie in korte pulsen van $100 \mu\text{s}$ wordt geleverd. De vermogensdichtheid van de laser moet dus groter zijn dan $10 \text{ MW} \cdot \text{cm}^{-2}$ (zie tabel 2). Er zijn ongeveer vijf pulsen nodig om de raket gegarandeerd te vernietigen.

Bij de voortplanting van een laserbundel in de atmosfeer hebben we te maken met een aantal atmosferische effecten, zoals *absorptie en verstrooiing*. De absorptie van de laserbundel is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Regen of een dikke nevel bevorderen de absorptie van de laserbundel enorm. Een infrarood CO_2 -laser met een golflengte van $10,6 \mu\text{m}$ verliest de helft van zijn intensiteit na vier kilometer in koude, droge lucht te hebben afgelegd of 1,5 km in warme, vochtige lucht. De absorptie hangt sterk af van de golflengte van

TABEL 2. Eisen die gesteld moeten worden aan laserwapens in de atmosfeer.

Eis	Reden
> 3	Vanwege de grote absorptie en verstrooiing in de atmosfeer
$10^3\text{-}10^4$	Ontstaan van scheuren en barsten in raketten; variatie hangt af van hardheid raket
100	Meerdere korte pulsen voor optimaal resultaat
10^7	
$10\text{-}10^3$	Afhankelijk van de golflengte en de hardheid van de raket



het laserlicht (zie fig. 1). Het is mogelijk een golflengte te kiezen waarbij de doorlaatbaarheid van de atmosfeer groot is. In het algemeen geldt dat langgolvig licht minder sterk wordt geabsorbeerd.

Behalve geabsorbeerd wordt de laserbundel ook verstrooid door microscopisch kleine deeltjes met een diameter van $0,2-0,4 \mu\text{m}$ die zich in de atmosfeer bevinden. Deze verstrooi-

Geheel boven: Een meer vreedzame toepassing van de laser is die als metaalzaag.

Boven: Fig. 1. De doorlaatbaarheid van de atmosfeer voor laserlicht is afhankelijk van de golflengte.

Rechtsboven: Bij een van de eerste tests van de Amerikaanse luchtmacht wordt een onbemand doelvliegtuig met behulp van een laserstraal neergeschoten.

Rechts: Het neerschieten van een onbemand doelvliegtuig vanuit een Boeing KC-135 in een gezamenlijk experiment van de Amerikaanse luchtmacht en marine. Het doelvliegtuig werd boven zee opgewacht door de Boeing en neergehaald tijdens een gesimuleerde aanval op een marineschip. Door de treffer stortte het toestel stuurlaas neer.





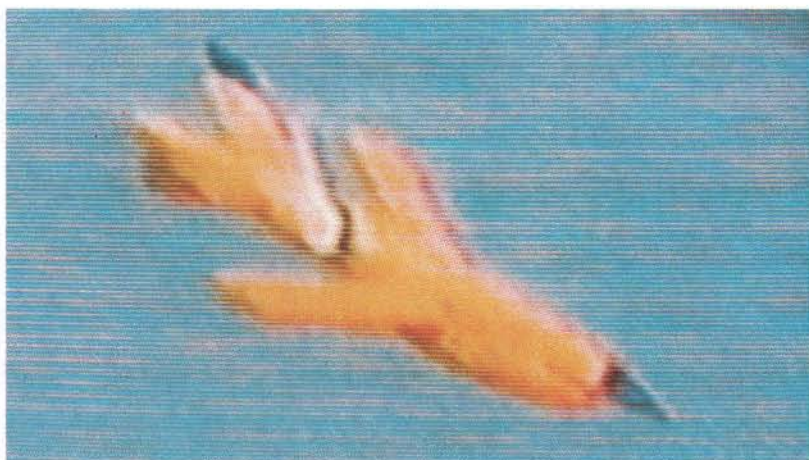
ing is omgekeerd evenredig met de vierde macht van de golflengte. Dus hoe korter de golflengte hoe sterker de verstrooiing.

Dit verschijnsel is overigens de reden waarom de hemel blauw is en de zonsondergangen rood zijn. De golflengte van blauw licht is ongeveer tweemaal zo klein dan die van rood licht. De verstrooiing van blauw licht is daarom zestien maal zo groot dan die van rood licht.

Door deze sterke verstrooiing van blauw licht wordt de hele hemelkoepel blauw. De zonsondergangen zijn rood, omdat al het blauwe licht uit de bundel zonnestralen is verstrooid.

Tengevolge van de verstrooiing is het onmogelijk kortgolfige lasers in de atmosfeer te gebruiken. Wanneer men bij licht nevelig weer met een zicht van vijf km een laserbundel met een golflengte van $0,55 \mu\text{m}$ op de ruimte richt, dan zal tengevolge van de verstrooiing slechts 46 procent van de bundel de ruimte bereiken. Voor $10,6 \mu\text{m}$ is dit 99,999 procent. Voor militaire toepassingen zijn alleen die golflengten die nauwelijks door de afmosfeer verstrooid worden van belang.

Laserwapens die in de atmosfeer gebruikt worden moeten daarom langgolfige lasers zijn die op betrekkelijk korte afstanden (10-15 km) hun doel moeten vinden. Hiervoor zijn laser-energieën nodig in de orde van enkele tientallen kilojoules. Er bestaat geen twijfel over dat een hoogvermogen CO_2 -laser in staat is vliegtuigen of raketten neer te halen. Reeds in 1969 werd een eenvoudig doel door een CO_2 -laser vernietigd. In 1976 werden bij testen in Redstone Arsenal, Alabama een vliegtuig en een helikopter neergeschoten met een in de lucht gestationeerde CO_2 -laser. En in 1983 werden twee van de drie geleide projectielen neergehaald met een 400 kW CO_2 -laser die in een speciaal daarvoor ingerichte Boeing was gestationeerd. Er gaan bovendien geruchten dat de Sovjets al ballistische raketten hebben vernietigd met een laserstraal.



Ondanks deze successen is enige scepsis op zijn plaats. De bovengenoemde successen zijn immers behaald onder ideale testomstandigheden. In een werkelijke gevechtssituatie zullen de laserspiegels zeer snel op verschillende doelen gericht moeten worden en het is twijfelachtig of deze snelheden technisch haalbaar zijn. Bij verschillende experimenten met lasers werd het doel gemist. Een ander probleem is de afhankelijkheid van de weersomstandigheden. Bij regen en mist zal het defensiesysteem veel minder goed werken. Het is ook denkbaar dat de tegenpartij het slagveld kunstmatig in de mist zal zetten.

Een Boeing KC-135, uitgerust met een 400 kW CO₂-laser, zoals die gebruikt wordt bij de verschillende proefnemingen. In het toestel is naast de laserinstallatie een compleet laboratorium aanwezig, voor het verrichten van allerlei metingen.



INTERMEZZO II

De intensiteit van een laserbundel

Over grote afstanden r zal de laserbundel worden verzwakt tengevolge van de buiging. Hoe groot die verzwakking is zien we in onderstaand voorbeeld en in fig. II-1.

Op de plaats van de spiegel is de intensiteit I_0 ; het spiegeloppervlak is A_0 . Op de plaats van het doel is de diameter van de bundel toegenomen met $2\theta r$; het oppervlak aldaar is A_r . Als we aannemen dat de hoeveelheid energie blijft behouden, omdat er geen absorptie of verstrooiing is, geldt:

$$I_0 \cdot A_0 = I_r \cdot A_r$$

Hieruit volgt met gebruikmaking van $\theta = \lambda/d$:

$$I_r = I_0 \cdot \frac{d^2}{(d + 2\lambda r/d)^2}$$

Wanneer we een intensiteitsvermindering met een factor 4 accepteren, dan is $2\theta r = d$ en volgt:

$$\frac{d^2}{\left(\frac{4\lambda r}{d}\right)^2} = \frac{1}{4}, \text{ dus } d^2 = 2\lambda r$$

De hieruit berekende spiegeldiameters zijn weergegeven in tabel II-1.

TABEL II-1. Spiegeldiameter in meter voor $I_r = \frac{1}{4}I_0$

r	$\lambda \text{ } 10 \text{ } \mu\text{m}$	$1 \text{ } \mu\text{m}$	$0,1 \text{ } \mu\text{m}$
5000 km	10	3,1	1
500 km	3,1	1	0,3
50 km	1	0,3	0,1
5 km	0,3	0,1	0,03

Tevens volgt hieruit rechtstreeks de vereiste energie die aan de spiegel moet worden geleverd. Bij een verzwakking van de bundel met een factor 4 betekent een energiedichtheid van $1000 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$ op het doel een energiedichtheid (ϵ) van $4000 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$ op de spiegel.

De totale energie die de laser moet leveren is

$$E_l = \epsilon \cdot A$$



Laserwapens in de ruimte

De meest tot de verbeelding sprekende toepassing van laserwapens is in de ruimte tegen intercontinentale ballistische raketten, die op hun reis de aardatmosfeer verlaten. Het grote voordeel van het laserwapen is de hoge voortplantingssnelheid van de straal ($3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) in vergelijking met de snelheden van ballistische raketten ($2000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). De laserstraal legt een afstand van 3000 km in één honderste seconde af. Gedurende deze tijd zal de raket slechts 20 m afleggen. Het is dus mogelijk de laserstraal vlak voor de raket te richten.

Om een eenmaal gelanceerde raket uit te schakelen zijn de volgende stappen nodig.

- Vroegtijdige waarschuwing dat vijandelijke raketten zijn gelanceerd. Hiervoor zijn speciale surveillance-satellieten geïnstalleerd.

- Detectie en het afwegen van de dreiging. Is er sprake van een lancering van een civiele weersatelliet of van een poging een eerste klap uit te delen?

- Het afleiden van de baan van de raket en het voorspellen van de posities van de doelen.

- Onderscheid maken tussen raketten mét en zonder kernlading (lokeenden).

- Richten van de bundel op het doel. De diameter van de raket is 50 cm. Op een afstand van 5000 km is de vereiste richtnauwkeurigheid 0,1 microradiaal. Dit komt overeen met het treffen van een haar op een afstand van 2 km. Dergelijke extreme richtnauwkeurigheden zijn al gerealiseerd.

- Het volgen van het doel. Het doel legt in één seconde ongeveer 2000 m af. Op een afstand van 5000 km moet de volgsnelheid dus 0,4 milliradiaal per seconde bedragen.

- Vernietiging van het doel.

De afstand van het laserwapen tot het doel is een essentiële grootte, zowel voor de vereiste energie per puls als voor het noodzakelijke aantal satellieten. Uit de laatste vergelijking in Intermezzo II blijkt dat de benodigde energie evenredig is met de te overbruggen afstand. Bij een kleinere reikwijdte van het laserwapen zal het benodigde aantal laserwapenstations drastisch moeten toenemen. Tevens neemt bij een grotere afstand de vereiste richtnauwkeurigheid toe en de volgsnelheid af.

Bij geostationaire laserwapenstations die op een hoogte van 32000 km op een vast punt boven de aarde hangen, zijn slechts drie van der-

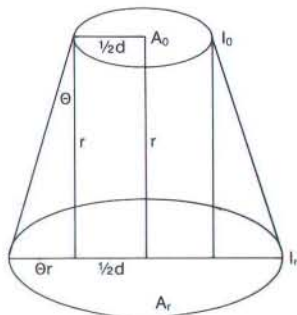
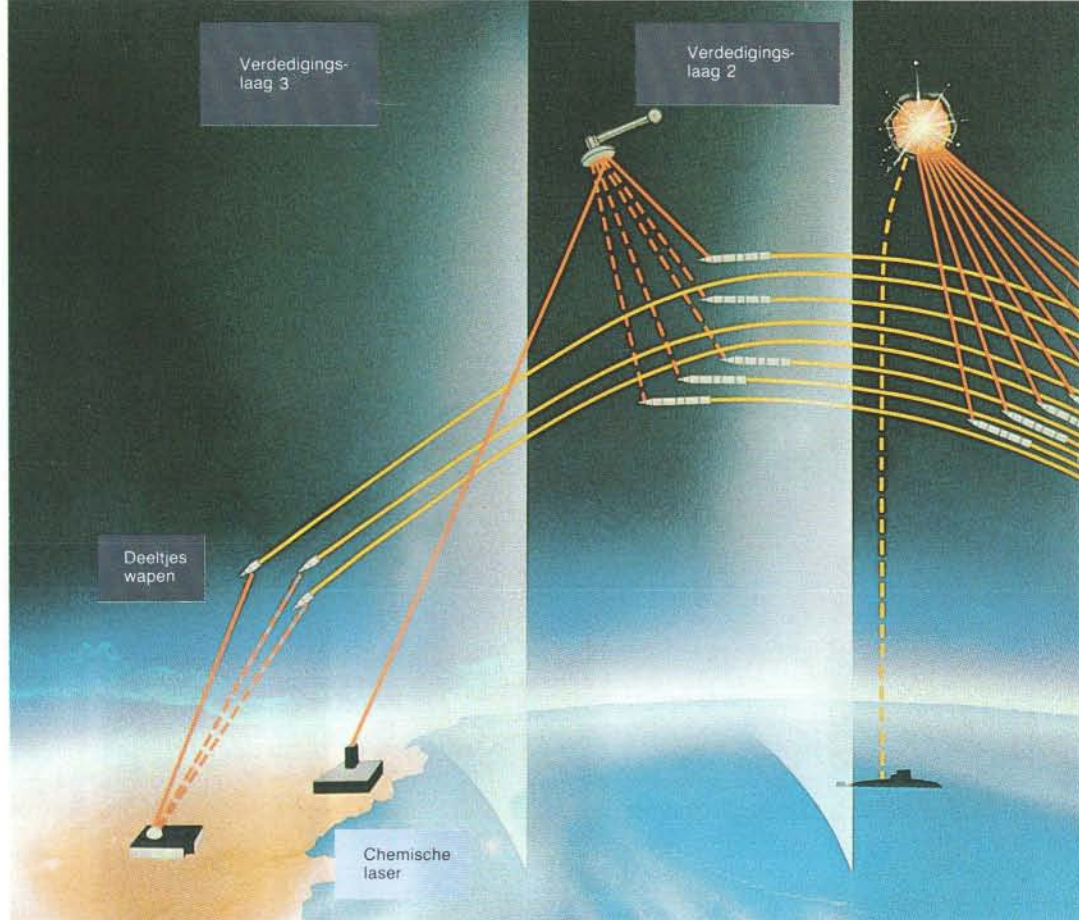


Fig. II-1. De spreiding van een laserbundel.

Gebruik makend van $d^2 = 2\lambda r$ geeft dit:

$$E_1 \approx 6 \cdot 10^7 \cdot \lambda \cdot r$$

Bij een golflengte van $10,6 \mu\text{m}$ en een afstand van 5000 km moet de laser een energie kunnen leveren van 3000 MJ!



gelijke stations nodig om de gehele aarde te bewaken. De hiervoor vereiste energieën, richtnauwkeurigheden en volgsnelheden gaan echter ver uit boven het huidige kunnen.

Dat blijkt wanneer we het mogelijkst realistische geval beschouwen van een laserwapen dat reikt tot een afstand van 1600 km (zie tabel 3). Dan zijn er tenminste 70 laserwapenstations nodig om het gehele aardoppervlak te bestrijken. Om een energiedichtheid

van $1000 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$ aan het doel te kunnen leveren, moet de pulsenergie 48 MJ zijn. Voor de zekerheid gaan we ervan uit dat een raket door 5 pulsen, dat wil zeggen 240 MJ, wordt vernietigd. Elk laserwapenstation moet in principe 1000 intercontinentale raketten tijdens de startfase kunnen vernietigen. De startfase duurt 500 seconden. Er moeten dus 5000 pulsen in 500 seconden worden geproduceerd. Dit betekent dat het laserwapen 10 pulsen per se-

TABEL 3. Enkele essentiële parameters van een in de ruimte gestationeerde laser bij een golflengte van $0,5 \mu\text{m}$

Afstand tussen station en doel (km)	Aantal laserwapenstations	Spiegel-diameter (m)	Energie per puls (MJ)	Richtnauwkeurigheid (μrad)	Volgsnelheid ($\text{mrad} \cdot \text{s}^{-1}$)
5000	7	2,2	150	0,1	0,4
1600	70	1,3	48	0,3	1,3
500	700	0,7	15	1,0	4,0

Verdedigings-
laag 1

Röntgen
laser

Links: Een schematisch overzicht van het verdedigingssysteem op basis van energiewapens, dat in het kader van het Amerikaanse laserprogramma opgebouwd wordt. Naast laserwapens (chemische lasers en röntgenlasers) komen in het systeem ook neutrale deeltjeswapens voor.

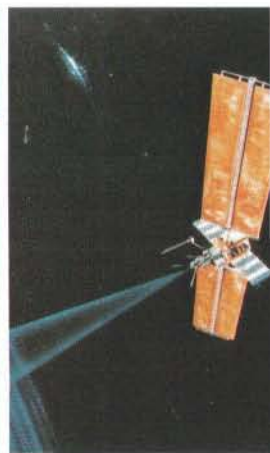
Rechts: Twee ontwerpen voor satellieten die in het laserwapenprogramma opgenomen zijn: een spiegelsatelliet, die een van elders verzonden laserstraal op een doel gericht en een satelliet, waar een laser is ingebouwd.

conde moet kunnen leveren en dat de totale geleverde laserenergie 240000 MJ is. Om deze energie te kunnen leveren, zullen er enorme hoeveelheden brandstof naar de ruimte moeten worden getransporteerd. De energievoorziening van de laser is derhalve een ernstig technologisch probleem.

De omvang van een in de ruimte gestationeerd defensiesysteem wordt hierboven geschetst. Behalve laserwapens komen in dit systeem ook neutrale deeltjeswapens voor. Het defensiesysteem bestaat uit meerdere lagen. In de eerste laag zullen de intercontinentale raketten in de startfase worden uitgeschakeld. De tweede verdedigingslaag wordt ongeveer halverwege aangebracht. De raketten die door de eerste laag heen zijn gekomen, worden opgespoord en vernietigd. Een derde defensielag bevindt zich vlak voor het doel van de raket. Het totale systeem zou moeten garanderen dat maximaal 1 procent van de aanvallende raketten hun doel bereikt.

Bestaande hoogvermogen lasers

De lasertechnologie is met een groei van ongeveer 20 procent per jaar, samen met de micro-elektronica, één van de snelst groeiende technologieën van dit moment. Jaarlijks worden er nieuwe concepten voor lasers bedacht en beproefd. Insiders drukken dit uit door te zeggen dat 'uiteindelijk alles lasert'. De door de laser gehaalde vermogens zijn de laatste jaren soms dramatisch verhoogd; bovendien vinden er snelle veranderingen plaats. Enkele jaren geleden werden vooral de chemische en excimeerlasers als de belangrijkste kandidaten voor de laserwapens gezien, nu is er sprake van ander lasertypen zoals de vrije-elektronlaser en de röntgenlaser die nog grotere beloften inhouden.



De bekendste hoogvermogen laser is de CO_2 -laser die in het verleden vooral is gebruikt voor fusie-experimenten. De CO_2 -laser zendt infrarood licht uit met een golflengte van $10,6 \mu\text{m}$. De grootste CO_2 -laser is ANTARES die in Livermore, California staat en een energie van 40 kJ kan leveren. Er is reeds melding gemaakt van de geleide projectielen die met een 400 kW CO_2 -laser werden neergehaald. De CO_2 -laser is zeer geschikt als laserwapen op korte afstand in de atmosfeer, maar ongeschikt als ruimtewapen vanwege de verestte spiegel diameter.

De opvolger van de CO₂-laser voor de laserfusie-experimenten is de *neodymium:glas-laser*. De laserwerking is afkomstig van de neodymium-atomen die zich in glas bevinden. De Nd:glaslaser wordt met een flitslamp gepompt. Dit type laser is totaal ongeschikt als laserwapen vanwege het lage rendement en de lage repeteersnelheid. Na elk laserschot moet het glas enige tijd afkoelen en 10 pulsen per seconde zijn derhalve onhaalbaar.

Zeer geschikt als ruimtewapen zijn de *chemische lasers*, zoals de waterstof-fluor (HF-laser) met een golflengte van 2,7 μm . Een HF-laser met een vermogen van 2,2 MW is al gerealiseerd en er wordt op dit moment gewerkt aan een HF-laser met een vermogen van 5 MW. Vanwege de grote spiegel die vereist is om buiging te vermijden, haalt deze slechts een vermogensdichtheid van ongeveer 10 W·cm⁻². Dit betekent dat het doel tenminste gedurende 100 s moet worden bestraald om een energiedichtheid van 1000 J·cm⁻² te realiseren. Het ligt voor de hand dat de vernietiging van de raket – vanwege afkoeling, warmtegeleiding, e.d. – veel meer energie vraagt dan bij een korte, hoogenergetische puls.

De HF-laser is ongeschikt voor gebruik in de atmosfeer omdat de 2,7 μm straling zeer sterk door de atmosfeer wordt geabsorbeerd (zie

fig. 1). Voor het gebruik in de atmosfeer denkt men aan een deuterium-fluoridelaser (DF-laser) met een golflengte van 3,8 μm die veel minder sterk wordt geabsorbeerd. Een DF-laser zal vanwege het kostbare deuterium bijzonder duur zijn. Een bijkomend technologisch probleem van de chemische lasers is het agressieve karakter van fluor.

Een vijfde type hoogvermogen laser is de *excimeerlaser*. Excimeer is een afkorting van 'excited dimeer': de laserwerking is afkomstig van een aangeslagen tweeatomige molecuul, zoals bijvoorbeeld kryptonfluoride (KrF). In het wapenlaboratorium van Los Alamos is men er vorig jaar in geslaagd de geleverde energie van zo'n KrF-laser met een factor 1000 te verhogen. Deze laser kan nu een energie leveren van 20 kJ. De KrF-laser zendt ultraviolette straling uit met een golflengte van 0,25 μm en is vanwege deze korte golflengte bijzonder geschikt als ruimtewapen. Er zullen echter juist door die korte golflengte problemen ontstaan met de optische systemen. Deze zijn slecht bestand tegen intense ultravioletstraling. De KrF-laser zal in de toekomst ook gebruikt worden bij laserfusie-experimenten.

In het begin van de jaren zeventig introduceerde John Madey van Stanford University een nieuw concept voor een laser: *de vrije*

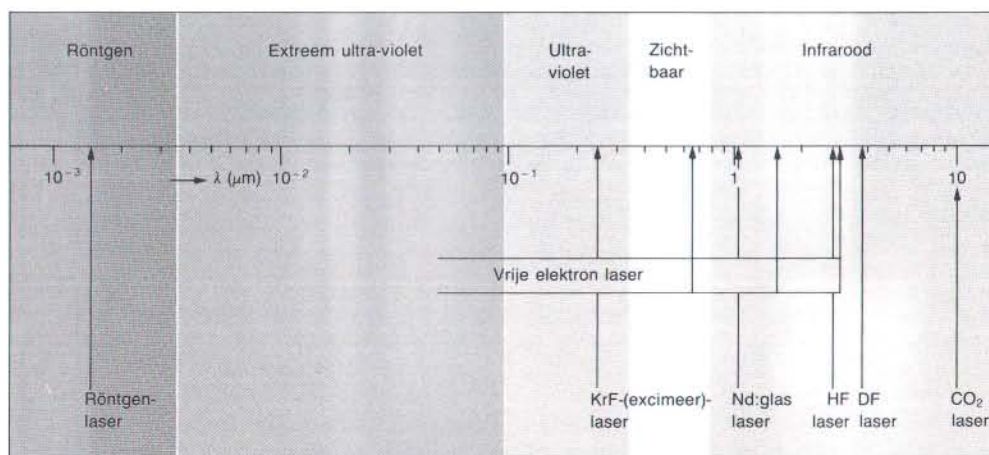


Fig. 2. Een overzicht van de golflengten die door verschillende lasertypen opgewekt kunnen worden. Bij de vrije elektronlaser kan men niet spreken van één golflengte. Variatie van de sterkte van het magneetveld maakt in principe een heel spectrum van golflengten mogelijk.

Rechts: De *wiggler* van de vrije elektronlaser die in Frankrijk is ontwikkeld. Duidelijk is de lange rij magneten te zien, die gebruikt wordt om een sterk wisselend magneetveld op te wekken, dat vrije elektronen aan het 'laseren' zet.

elektronlaser (VEL). Bij deze laser ontstaat de laserwerking door de interactie van een bundel elektronen met een wisselend magneetveld. Wanneer een bundel elektronen door een zogenaamde wiggler (een rij van magneten met om en om een noord- en zuidpool) wordt gestuurd, dan kunnen de elektronen gaan laseren. De eerste laserwerking met een VEL werd verkregen in Stanford. Het ging om een infrarode laserstraal met een golflengte van $3\text{ }\mu\text{m}$. Enkele jaren later werd een 10 W laser gerapporteerd met een golflengte van $1,6\text{ }\mu\text{m}$.

Vorig jaar is men er in Orsay, Frankrijk in geslaagd een zichtbaar licht VEL te maken met een golflengte van $0,65\text{ }\mu\text{m}$ en een vermogensdichtheid van $50\text{ MW}\cdot\text{cm}^{-2}$. Dit betekent in één experiment een opschaling met een factor miljoen! De in Orsay gehaalde vermogensdichtheid is ruimschoots voldoende voor een laserwapen. De VEL heeft een aantal zeer prettige eigenschappen. Allereerst kunnen er zeer grote vermogens worden bereikt. Ten tweede wijzen berekeningen op rendementen van meer dan 25 procent. En tenslotte is het mogelijk de golflengte van een VEL over een zeer groot gebied te variëren door de sterkte van het magneetveld in de wiggler en de energie van de elektronen te veranderen (zie fig. 2).

Het meest spectaculaire nieuwe type laser is

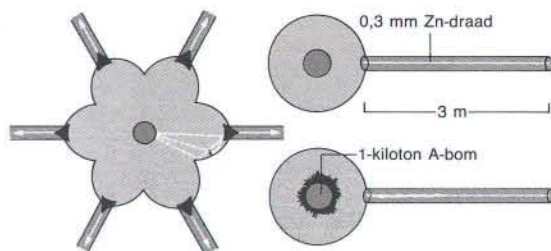
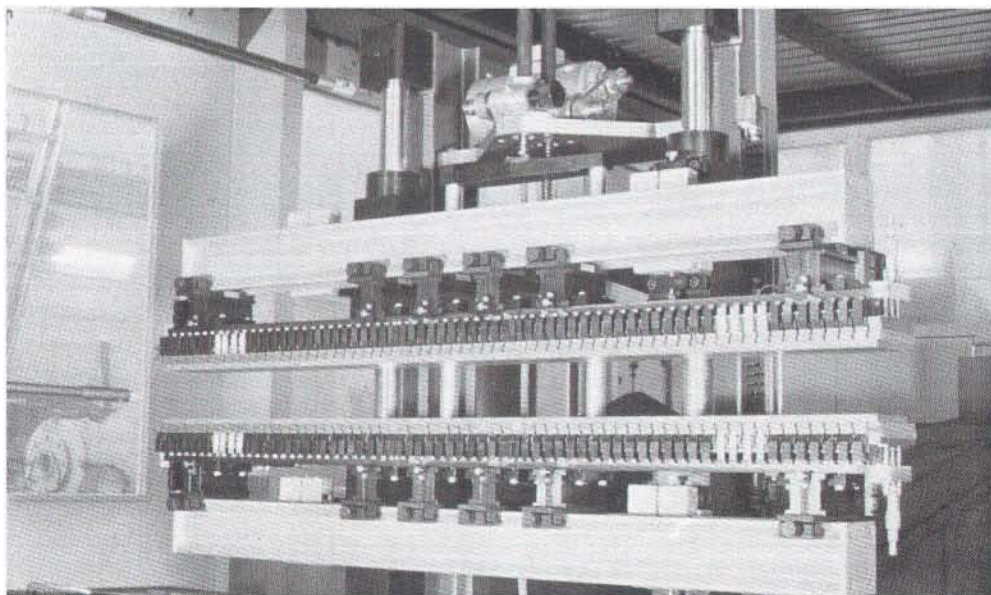


Fig. 3. Röntgenstraling afkomstig van een kernexplosie wordt in een röntgenlaser via reflecterende wanden naar de zinkdraden geleid die zich in de armen bevinden. Het hete plasma dat zich daar vormt is het lasermedium. De verschillende armen van de röntgenlaser kunnen afzonderlijk op een ander doel gericht worden.

zonder twijfel de *röntgenlaser*. De eerste experimenten betreffende de röntgenlaser zijn in 1977 verricht. Pas jaren later verschenen er in de wetenschappelijke tijdschriften de eerste geruchten over. Diepgaande wetenschappelijke beschrijvingen zijn nog niet gepubliceerd.

Edward Teller, de vader van de waterstofbom, noemde de röntgenlaser de belangrijkste ontwikkeling sinds de constructie van kernwapens. De energie voor een röntgenlaser wordt geleverd door een kleine kernexplosie (zie fig. 3). Bij een kernexplosie komt een deel



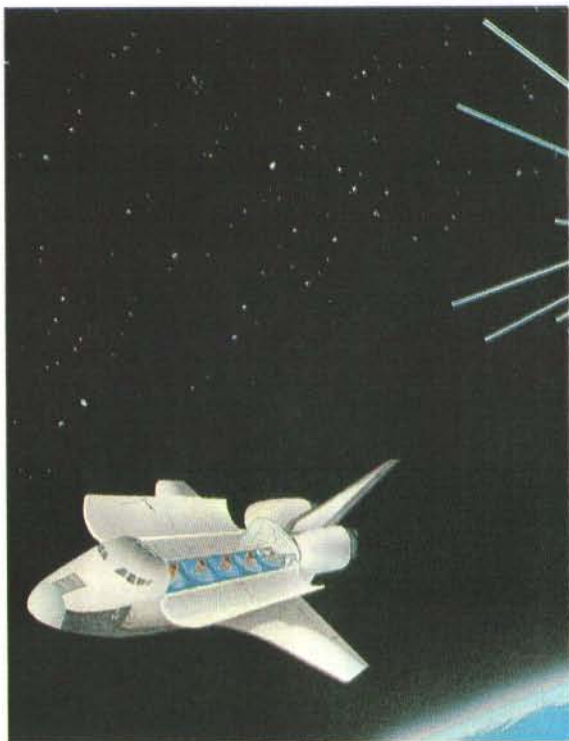
van de energie vrij in de vorm van röntgenstraling. Deze röntgenstraling is incoherent en wordt in alle richtingen uitgezonden. Het basisidee van de röntgenlaser is om deze ongerichte röntgenstraling om te zetten in een gerichte röntgenlaserbundel.

Het rendement van een dergelijke röntgenlaser is zeer laag, ongeveer 0,01 procent. Omdat er echter bij een nucleaire explosie een enorme hoeveelheid energie vrijkomt is dit geen probleem. Als we uitgaan van een 1 kiloton kernexplosie, is er nog altijd 500 MJ röntgenlaserenergie beschikbaar. Dit betekent dat verschillende röntgenlasers door één kernexplosie kunnen worden gevoed, omdat een energie van 1 MJ in het geval van röntgenstraling ruimschoots voldoende is om een raket te vernietigen. In het wapenlaboratorium van Lawrence

Een militaire toepassing van de Space Shuttle is het in een baan om de aarde brengen van röntgenlasersatellieten. Dit zou moeten gebeuren in tijden van oplopende internationale spanning.

Livermore is een röntgenlaser gerealiseerd met een golflengte van $0,0014 \mu\text{m}$ en een energie van 100 kJ. De röntgenlaserpuls is extreem kort (korter dan 10^{-9}s). Een röntgenlaser zal slechts éénmaal kunnen werken. De kernexplosie, hoe klein ook, zal het röntgenlaserstation volledig opblazen. Er is dus een essentieel verschil met de andere lasertypen, omdat er veel meer röntgenlaserstations nodig zijn.

Er is reeds eerder opgemerkt dat er ongeveer 5000 pulsen nodig zijn om alle vijandelijke raketten uit te schakelen. Wanneer een röntgenlaserstation over 20 laserarmen zou beschikken, dan moeten er op het moment van de aanval 250 röntgenlaserstations beschikbaar zijn om het vijandelijke grondgebied te bestrijken. Wanneer de röntgenlasers een raket op 5000 km afstand zouden kunnen vernietigen, dan zijn er volgens tabel 4 zeven maal 250 röntgenlaserstations nodig, dat wil zeggen 1750. De technologische opgave om de twintig laserarmen van een röntgenlaserstation gelijktijdig op twintig verschillende doelen te richten is onvoorstelbaar groot.

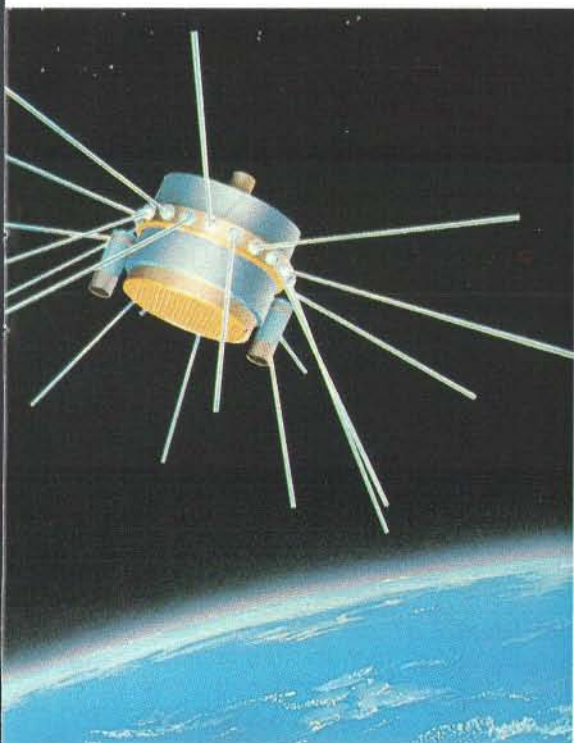


Het laserwapenprogramma van de VS

Direct na de toespraak van president Reagan werden er twee commissies in het leven geroepen die moesten adviseren over laserwapens: het *Defensive Technologies Study Team* en de *Future Security Strategy Group*. Beide commissies kwamen in oktober 1983 tot gelijkluidende aanbevelingen: laserwapens zijn haalbaar; er zou in 1985 twee miljard dollar aan onderzoek moeten worden uitgegeven; van 1985 tot 1990 ongeveer 25 miljard dollar en tot 2000 dacht men 93 miljard nodig te hebben. Hiermee krijgt het laserprogramma de omvang van het Apollo-project.

Het laserwapenprogramma omvat o.a. de volgende projecten:

- het verrichten van ondergrondse tests in Nevada om de röntgenlaser op te schalen en om verschillende röntgenlasers met één kernexplosie te pompen;
- het verbeteren van het opsporings-, richt- en volgsysteem voor intercontinentale raketten;



- het vervaardigen van in de lucht gestationeerde optische systemen voor de onderschepping in de midden- en eindfase van de raketbaan;
- onderzoek naar de bescherming van de laserwepensystemen tegen de elektromagnetische puls die vrijkomt bij een kernexplosie.

Verder moeten er haalbaarheidsstudies worden verricht met betrekking tot de neutrale deeltjesbundel, de vrije-elektronlaser en de röntgenlaser. In 1985 moeten deze studies voltooid zijn.

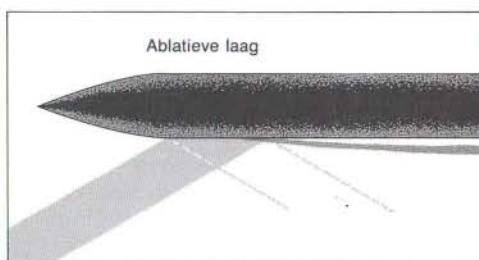
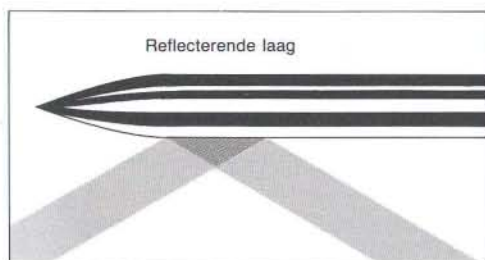
Een driedelig programma voor de ontwikkeling van een in de ruimte gestationeerde chemische laser is gestart. Dit programma omvat de constructie van een chemische laser van 5 MW. Daarnaast wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een spiegel met een diameter van 4 m en een optisch systeem dat een richtnauwkeurigheid van $0,05 \mu\text{radiaal}$ moet krijgen. Dit programma zal er toe moeten leiden dat voor het jaar 2000 de laserwapens in de ruimte zijn gestationeerd.

Bezwaren tegen de ontwikkeling van laserwapens

De Star Wars-toespraak van president Reagan heeft aanleiding gegeven tot verhitte discussie tussen voor- en tegenstanders van laserwapens. Er is een groot aantal voor de hand liggende argumenten tegen de laserwapens te bedenken. In het algemeen geldt dat de ontwikkeling van een sluitend defensiesysteem gebaseerd op laserwapens buitengewoon moeilijk en kostbaar is, terwijl de mogelijkheden om dit systeem te ontduiken relatief simpel zijn.

Een zeer effectief middel tegen de laserstraal is het aanbrengen van sterk reflecterende materialen, waardoor slechts een klein deel van de laserenergie wordt geabsorbeerd (zie fig. 4). Nog betere bescherming bieden de zogenaamde *ablatieve* materialen: de buitenkant van de raket wordt bedekt met een soort schuimlaag die de laserstraling absorbeert en vervolgens verdampt. Het omhulsel van de raket wordt hierdoor beschermd. Er is inmiddels veel ervaring opgedaan met de interactie tussen de laserstraling en ablatieve materialen, omdat deze technologie essentieel is voor het laserfusie-onderzoek. Bovendien is het mogelijk de raketten te harden en tenslotte ligt het voor de hand de raket om zijn lengte-as te laten draaien, zodat de laserstraling over de hele omtrek van de raket wordt verspreid. Een combinatie van deze eenvoudige tegenmaatregelen zou de vereiste energiedichtheid met een factor 100 à 1000 kunnen verhogen. Een tegenmaatregel van een heel andere aard is het lanceren van een groot aantal lokeenden.

Een belangrijk probleem is de kwetsbaarheid van het laserwepensysteem zelf. In de eerste plaats kunnen de infraroodsensoren die de intercontinentale raketten in hun startfase moeten opsporen, bijzonder gemakkelijk worden verblind met op de grond gestationeerde infraroodlasers. De energiedichtheid die voor deze verblinding vereist is, ligt veel lager dan de $1000 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$ die nodig is voor de vernietiging van de raket. Vervolgens is het met behulp van ruimtemijnen of killersatellieten heel eenvoudig om het laserwepensysteem onherstelbaar te beschadigen. Deze killersatellieten zijn grove wapensystemen die niet, zoals raketten, door de laserstraal kunnen worden uitgeschakeld.



Uit dit alles blijkt dat de laserwapenstations bijzonder kwetsbaar zijn. Zodra een crisis tussen de grootmachten tot een uitbarsting komt zullen de laserwapenstations als eerste vuur aantrekken. Immers, het uitschakelen van deze stations is zeer gemakkelijk en is essentieel voor het bereiken van de vijandelijke doelen. Tengevolge hiervan is het risico dat een crisis via een vernietiging van laserwapenstations snel escaleert zeer groot.

De hier besproken laserwapens werken alleen in de ruimte. De kortgolvlige laserstraling, die bij uitstek geschikt is om de raketten te vernietigen, wordt zeer snel in de atmosfeer geabsorbeerd. Een zeer eenvoudige maatregel tegen in de ruimte geplaatste laserwapens is derhalve de ontwikkeling van raketssystemen die laag bij de grond blijven, zoals de kruisraketten. Ook is het mogelijk de raketten die vanaf de onderzeeërs worden gelanceerd een verlaagde baan te geven, zodat zij niet boven de atmosfeer uitkomen.

Alle hier besproken tegenmaatregelen zijn reeds mogelijk met de bestaande technologie, terwijl het laserwapensysteem zelf gebruik zal maken van technologieën die zich nog in een laboratoriumfase bevinden. Met name over de excimeerlaser, de vrije-elektronlaser en de röntgenlaser valt niet met zekerheid te zeggen of deze de gesuggereerde beloften waar zullen maken.

Uiteindelijk blijft de vraag hoe groot de efficiëntie van het defensieve laserwapensysteem is. In het geval van een meerlagig defensiesysteem (zie pag. 794) zou slechts 1 procent van de vijandelijke raketten hun doel mogen bereiken. Deze ene procent is nog altijd goed voor de vernietiging van een aantal grote steden met de daarbij behorende miljoenen doden. In werkelijkheid zal tengevolge van het grote aantal tegenmaatregelen en vanwege

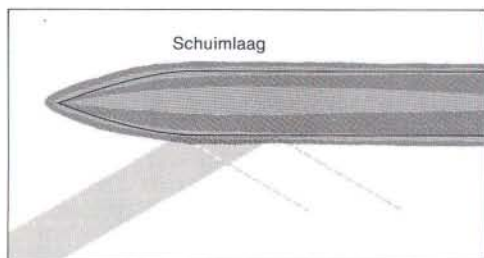
technisch falen de 1 procent-grens nooit worden gehaald en is het realistischer er vanuit te gaan dat tenminste 5 procent van de raketten er door komt.

De technische bezwaren tegen laserwapens leiden tot de conclusie dat de ontwikkeling van deze wapens onzinnig is. Naast de technische bezwaren is nog een aantal strategische en ethische aspecten van belang.

Een belangrijk strategisch probleem is dat de laserwapens er op wijzen dat de Verenigde Staten bezig zijn het vermogen te verwerven een 'eerste klap' uit te delen. In feite hebben laserwapens alleen enige betekenis in het kader van een eerste klap. Uit het voorgaande is immers gebleken dat de laserwapens nooit een massale aanval van de Sovjet-Unie kunnen weerstaan. Wanneer de Verenigde Staten echter een eerste klap hebben uitgedeeld, dan is het aanvalsvermogen van de Sovjet-Unie aanzienlijk gereduceerd en zal het laserwapensysteem de schade van een vergeldende klap van de Sovjet-Unie sterk kunnen beperken. Deze conclusie staat lijnrecht tegenover de opvatting van de voorstanders dat de Verenigde Staten na een eerste klap van de Sovjet-Unie mét laserwapens over een groter vergeldingsvermogen beschikken dan zonder laserwapens, waardoor de afschrikking gegarandeerd zou zijn. Er is echter een fundamenteel verschil tussen een verdedigingssysteem rond raket-silo's dat inderdaad een vergeldingsvermogen waarborgt, en een totaal verdedigingssysteem.

Een laatste bezwaar tegen de laserwapens heeft een ethisch karakter. De ontwikkeling van de laserwapens betekent een nieuwe ronde in de wapenwedloop.

Daarnaast zullen vrede en veiligheid in nog hogere mate dan nu afhankelijk zijn van grote computers, zeer ingewikkelde computerprogramma's en fragiele technologische systemen.



Links: Fig. 4. Een schema van de verschillende mogelijkheden om raketten tegen opvallende laserstralen te beschermen. Door het omhulsel van de raket zo te kiezen dat het de energie van de straal absorbeert of weerkaatst, kan vernietiging voorkomen worden.

Onder: Laserstralen kennen ook toepassingen bij de communicatie met ondergedoken onderzeeboten, de zgn. SLC (Submarine Laser Communication). Dergelijke systemen kunnen ook toegepast worden bij de opsporing van onderzeeërs.

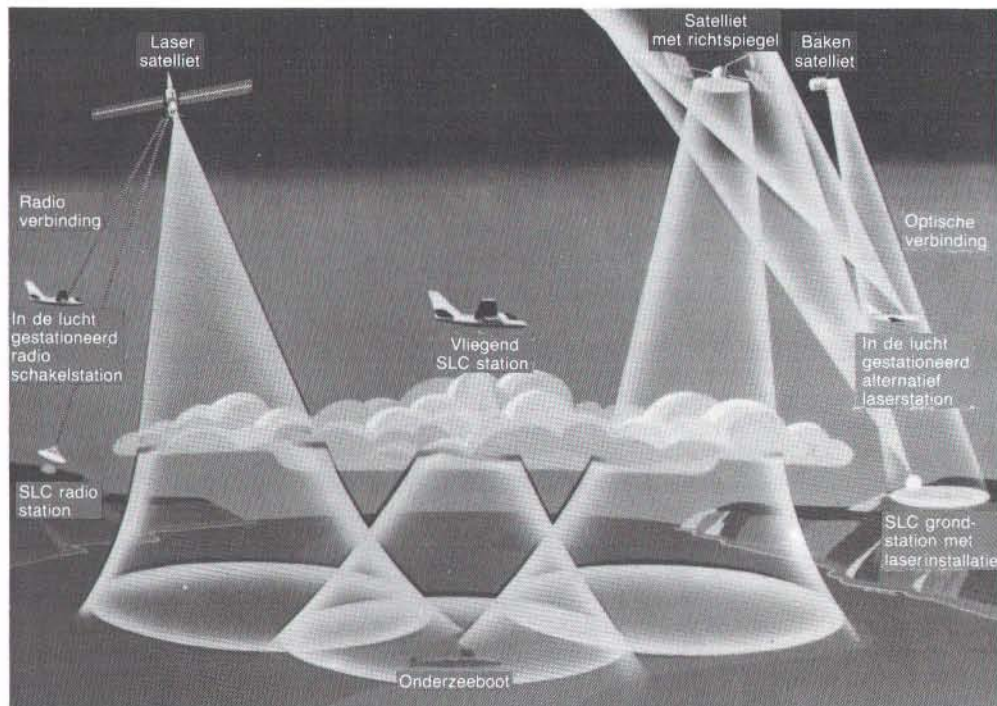
Volgens een studie van de Fusion Energy Foundation zullen er 20000 extra ingenieurs per jaar moeten worden opgeleid om het laserwapenprogramma tot een goed einde te brengen. Inmiddels is voorgesteld in 1985 twee miljard dollar uit te trekken voor het laserwapenonderzoek en zijn er zo'n 10000 onderzoekers bij dit programma betrokken. Een dergelijk omvangrijk programma is nauwelijks meer terug te draaien en dus zullen we ernstig rekening moeten houden met een wereld vol laserwapens, hoe mager de technische perspectieven ook zijn.

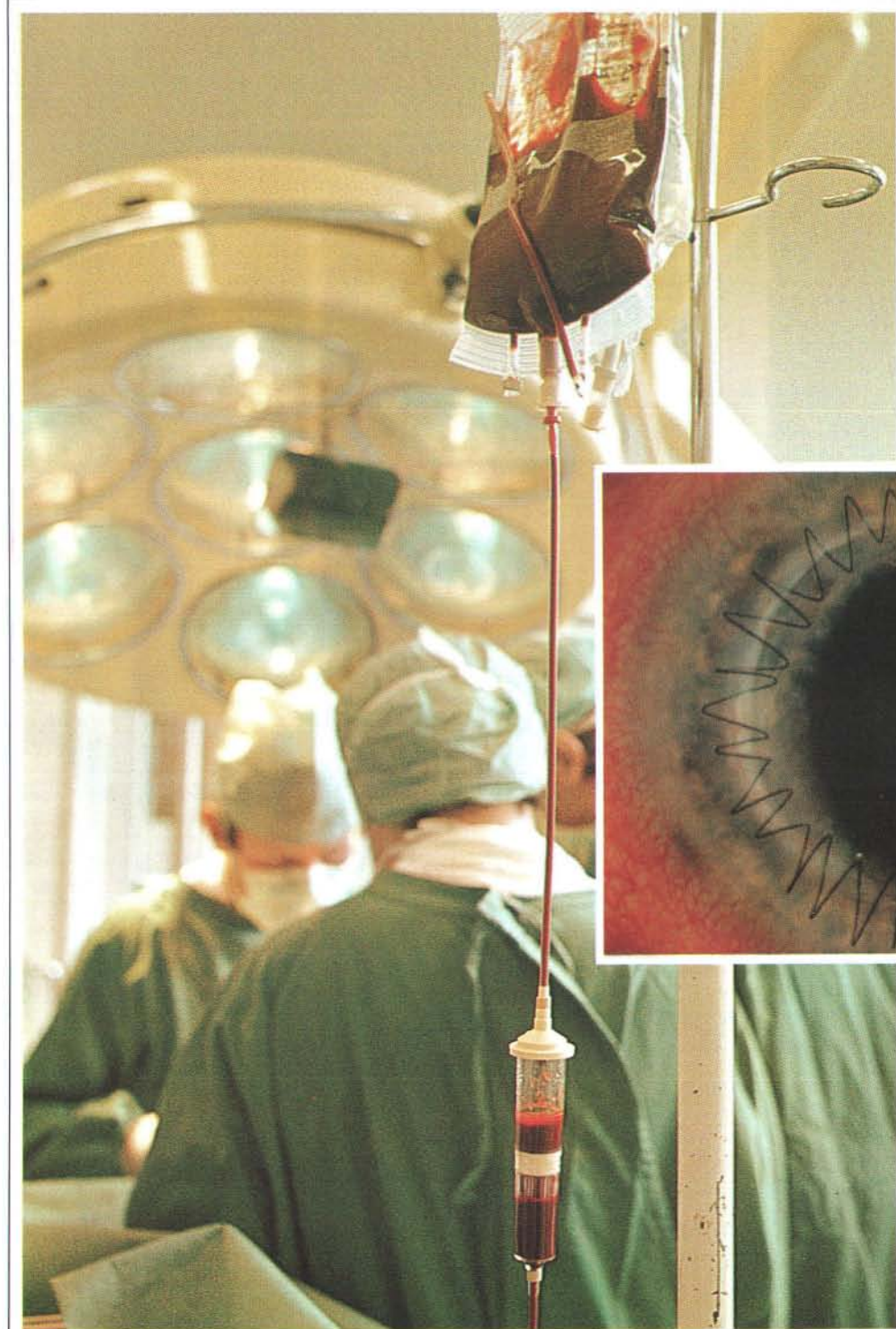
Literatuur

- Tsipis, K., Callahan, M., (1980). *High Energy Laser Weapons. A Technical Assessment*. Massachusetts Institute of Technology.
 Tsipis, K., (1981). *Laser Weapons*. Scientific American 245, 6, december.
 Union of Concerned Scientists, (1984). *Reagan's Star Wars*, New York Review of Books, april, pag. 47-52.

Bronvermelding illustraties

- Department of Defence, Washington: pag. 782-783, 785 boven, 790-791, 792-793, 795, 801.
 City Euro Centra, Amsterdam: pag. 784-785.
 Aerospaciale, Chatillon: pag. 786-787, 789.
 Fusion Energy Foundation, New York: pag. 790, 794-795, 798-799.
 LURE, Orsay: pag. 797.





AUTO INNUNITEIT

Ben ik't nou....of niet



T.E.W. Feltkamp
Centraal Laboratorium
van de Bloedtransfusiedienst en
Interuniversitair Oogheekundig
Instituut,
Amsterdam

Zonder speciale voorzorgsmaatregelen worden orgaantransplantaten afgestoten. Zonder speciale voorzorgsmaatregelen is het ook niet mogelijk om een bloedtransfusie toe te dienen. Wel is het mogelijk om bij één persoon een stukje huid van de linker- op de rechterarm te transplanteren. Wel kan men ook ongestraft bloed van iemand afnemen en dit later weer aan dezelfde persoon toedienen. Dit alles lijkt vanzelfsprekend. Natuurlijk stoot iemand niet zijn eigen huid af. Natuurlijk maakt iemand geen antistoffen tegen zijn eigen bloedgroepen. Dit betekent echter wel dat het immunologische afweerapparaat waarover wij beschikken op één of andere manier moet kunnen 'zien' welke weefselcel of welk bloedlichaampje van ons zelf is en welk niet.

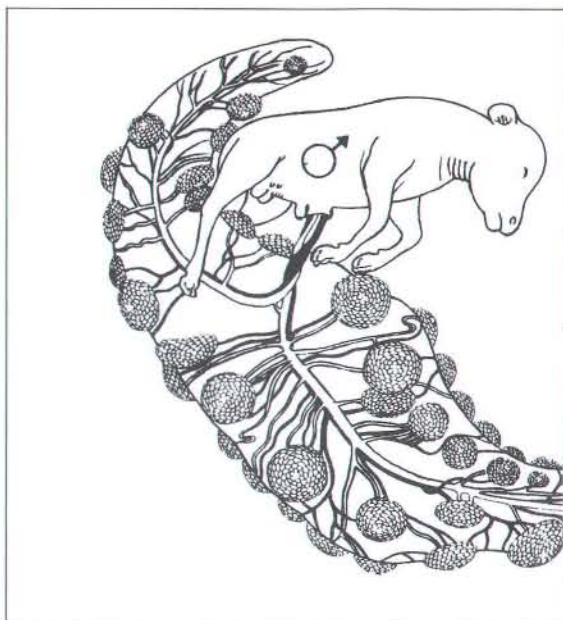
Hoe weet het immuunapparaat wat 'eigen' en 'vreemd' is? Hoe komt het dat er soms toch een afweer tegen delen van het eigen lichaam ontstaat? Daarover gaat dit artikel.

Bloedtransfusie en hoornvliestransplantatie. Als het bloed niet van onszelf is dan maken wij antistoffen tegen de vreemde antigenen in het transfusiebloed. Als het hoornvlies (vooral wanneer er veel vaatgroei is) niet van onszelf is dan wordt het afgestoten. Gelukkig is de kans op deze twee reacties van het lichaam, onder goed gekozen omstandigheden, uiterst gering.

Auto-immuniteit

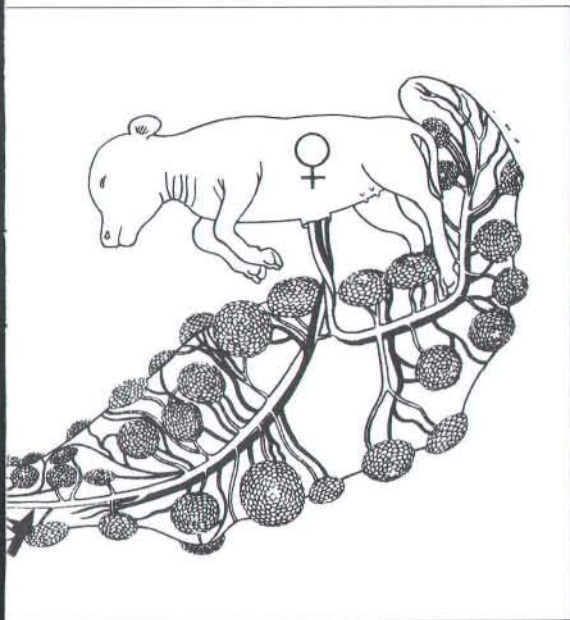
Immunologische afweer berust op het feit dat inspuiting van een antigeen een immunologische reactie op gang brengt, bijvoorbeeld in de vorm van antistofproductie. Deze antistoffen zijn specifiek gericht tegen het betreffende antigeen. Een transfusie met bloed van de bloedgroep A bij iemand met de bloedgroep O leidt dus tot de produktie van antistoffen tegen A. Iemand die zelf ook de bloedgroep A heeft zal een dergelijke transfusie echter tolereren. De immunologische afweer komt dan niet op gang. Men spreekt van *tolerantie* als er een onvermogen is om met immunologische afweer te reageren tegen één bepaald antigeen, terwijl de afweer tegen andere antigenen normaal is.

In 1902 hebben Ehrlich en Morgenroth eigenlijk voor het eerst op deze 'vrees' van het individu om tegen zichzelf te reageren gewezen. De term die zij hiervoor introduceerden: *horror autotoxicus* is door vele immunologen na hen niet meer met verbazing uitgesproken, doch als wet overgenomen. De leerling was hierin helaas sterker dan de meester. Voor Ehrlich en Morgenroth was de *horror autotoxicus* echter een merkwaardig fenomeen. In die tijd werden uitzonderingen op deze regel dan ook vaak beschreven: Metchnikoff had in 1900 al laten zien dat een cavia die werd ingespoten met zijn eigen spermatozoën (zaadcellen), toch antistoffen ging produceren die spermatozoën kunnen immobiliseren. In 1903 toonde Uhlenhuth aan dat konijnen die op een bepaalde manier met eiwitten uit de ooglenzen van een rund werden ingespoten, antistoffen gingen produceren tegen lenseiwitten die ook in het eigen konijnene-oog voorkomen. In 1904 tenslotte zagen Donath en Landsteiner dat de zogenaamde 'koude haemoglobinurie' (dat wil zeggen dat bij kou de bloedkleurstof haemoglobine in de urine aantoonbaar is) bij mensen met syfilis berust op de aanwezigheid van antistoffen tegen eigen rode bloedlichaampjes. Toch werd het begrip *horror autotoxicus* zo algemeen aanvaard dat de werkelijke belangstelling hiervoor pas in de jaren vijftig doorbrak. Toen pas begreep men dat ontstaan en onderhouden van tolerantie niet iets vanzelfsprekends is. Het is voor het immunologische systeem net zo goed moeilijk om tegen een bepaald antigeen wel te reageren als dit tegen een ander antigeen niet te doen.



Boven: Fig. 1. Een ongebooren stierkalf en koekalf (twee-eiig) met een gemeenschappelijke bloedsomloop (pijl) in de moederkoek. Zij maken al zeer vroeg en zeer intens kennis met elkaars bloedcellen die ook na de geboorte bij elkaar blijven voortleven. Men noemt dit *chimerisme*. Als volwassen stier en koe accepteren zij transplantaten van elkaar.





Linksonder: Paul Ehrlich, Duits bacterioloog leefde van 1854 tot 1915. Hij realiseerde zich dat het lichaam in het algemeen geen afweer tegen zichzelf vormt.

Onder: Dit Grieks-mythologische dier, chimera genaamd, is samengesteld uit een leeuw, een geit en een slang. Het dier leidde tot de naam *chimerisme*.

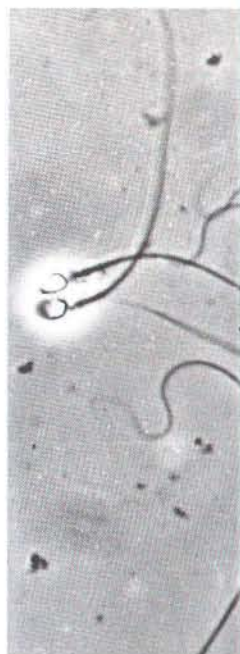
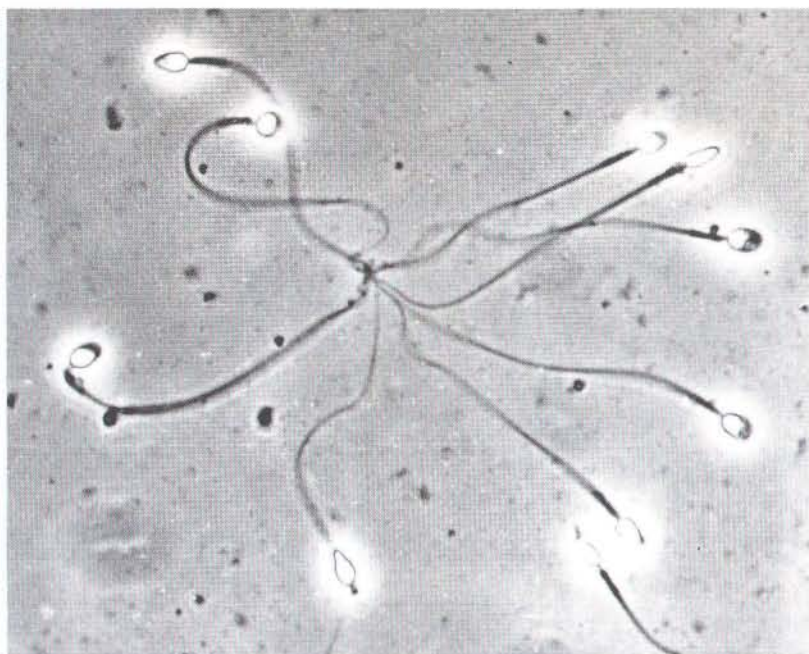
Tolerantie

De voorwaarden waaronder een individu op de inspuiting van een bepaald antigeen reageert met een tolerantie of niet-reactiviteit zijn niet in algemeen geldende termen te geven. Van ieder individu en voor ieder antigeen ligt dit weer iets anders. Wel zijn er enkele factoren aan te geven die het ontstaan van tolerantie bevorderen.

In 1945 nam Owen waar, dat twee-eiige, dus genetisch verschillende kalver-tweelingen, in de baarmoeder vaak een gemeenschappelijke placentaire bloedsomloop hebben. Deze tweelingen wisselen dus in de baarmoeder elkaars bloedlichaampjes uit. Na de geboorte kan men ongestraft huidtransplantaten van het ene kalf op het andere overbrengen. Een dergelijke situatie wordt naar het Griekse mythologische monster *chimera*, dat is samengesteld uit het hoofd van een leeuw, het lichaam van een geit en de staart van een slang, *chimerisme* genoemd. De dieren vormen hierbij na de geboorte als het ware een weefselkweek-medium voor elkaars bloedcellen.

In 1953 konden Billingham, Brent en Medawar precies hetzelfde bereiken door pasgeboren muisjes van de muizenstam A in te spuiten met miltcellen van de stam CBA. Nadat de A-muizen groot waren geworden, bleken zij





zonder problemen huidtransplantaten van CBA-muizen te accepteren. Voor een dergelijke tolerantie is de zeer prille leeftijd van de ontvanger, de zeer grote dosis van de miltcellen en het voortbestaan van deze cellen in de A-muis van belang.

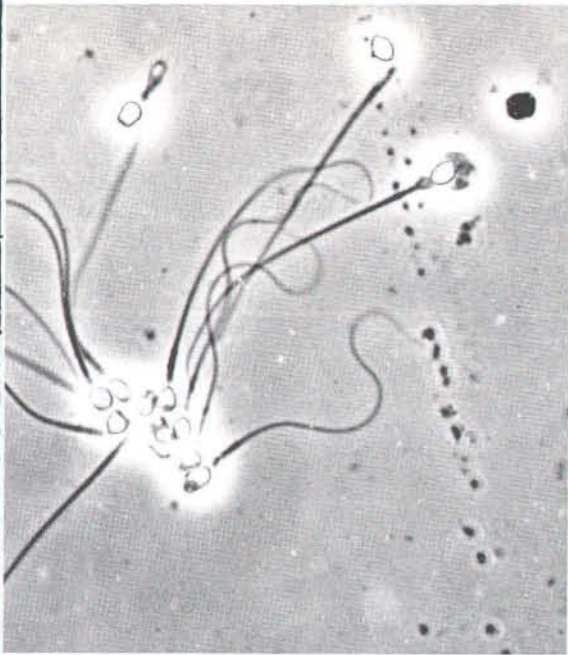
In 1954 bracht Burnet het denkbeeld van de zogenaamde 'klonale selectie' naar voren. Hieronder verstaat men de thans algemeen geaccepteerde regel dat een bepaalde antigene determinant door een bepaalde klaarliggende kloon (een groep cellen afkomstig uit één cel) van lymfocyten wordt herkend, waarna alleen de lymfocyten van deze kloon zich snel gaan delen. Burnet veronderstelde dat eigen antigenen (*auto-antigenen*) de bij hen passende kloon niet zouden stimuleren, doch juist de dood hiervan zouden bevorderen. Dit sterfensproces zou zich in de thymus afspelen. Wanneer door een of andere fout een kloon zich aan dit mechanisme zou kunnen onttrekken, werd gesproken van een 'verboden kloon'. Deze kan dan reageren met eigen antigenen waardoor een auto-immuunziekte het resultaat zou kunnen zijn. Deze denkbeelden zijn thans verlaten.

Wel neemt men aan dat wanneer de ken-

nismaking tussen een auto-antigeen en het immunologische systeem niet geregeld wordt onderhouden, doordat bijv. het auto-antigeen normaliter zeer goed zit ingekapseld (ooglenseiwitten), een lekkage van auto-antigenen door dit kapsel heen tot auto-antistofvorming aanleiding kan geven. Ook voor antigenen die pas laat in de ontwikkeling van een organisme (ontogenie) ontstaan, bijv. sperma-antigenen, kan een abnormale ontmoeting met het immunologische systeem (bijv. onderbinding van de zaadleider bij sterilisatie van de man) de productie van auto-antistoffen op gang brengen.

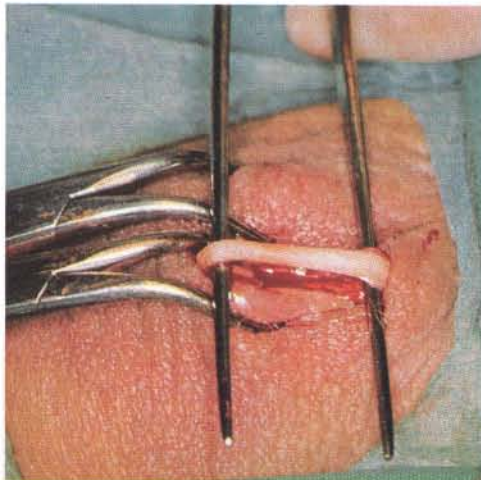
In 1968 vond Mitchison dat niet alleen een hele hoge dosis van een antigeen tot tolerantie kan leiden, maar dat ook een uiterst lage dosis soms dit resultaat te weeg brengt. Een matige dosis geeft juist een goede immunisatie te zien. De termen hoog en laag zijn expres vaag gekozen, omdat dit per antigeen en per proefdier enorm kan verschillen terwijl deze waarneming lang niet voor alle antigenen opgaat.

Tenslotte kan tolerantie worden opgewekt na zuivering van antigeen. Waarschijnlijk worden deze opgezuiverde antigenen niet door macrofagen opgenomen (gefagocyteerd) en daardoor niet optimaal aan de herkennende



Boven: Zaadcellen van een normaal vruchtbare man plakken aan elkaar als ze in aanraking worden gebracht met bloedserum van een onvruchtbare man waarin auto-antistoffen tegen of de staarten (links) of de koppen (rechts) van de spermatozoën zitten.

Onder: Vasectomie brengt vaak een auto-antistofproductie tegen de zaadcellen op gang. De auto-antistoffen zijn echter ongevaarlijk.



lymfocyten aangeboden; dit laatste is belangrijk bij het opwekken van een immunologische reactie door deze lymfocyten.

Samenvattend kunnen wij zeggen dat tolerantie het beste wordt opgewekt wanneer: de ontvanger jong is; de dosis van het antigeen zeer hoog is (of juist zeer laag); de ontvanger genetisch niet te ver van de donor afstaat; het antigeen geregeld in contact komt met het immunologische systeem; het antigeen gezuiverd is.

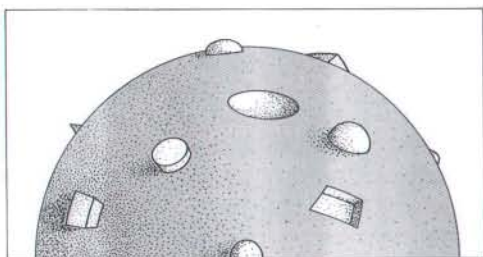
Het is duidelijk dat de meeste van deze punten voor ons eigen lichaam goed opgaan. Wie kent ons eerder dan zichzelf? Aan wie ben je meer verwant dan aan jezelf? Van wie heb je meer dan van jezelf? Wie behalve jezelf zie je iedere dag weer terug? Het ziet er dus naar uit dat wij niet gauw een immunologische afweer tegen onze eigen antigenen zullen opbouwen. Toch is het langzamerhand duidelijk geworden dat de waarheid anders is en dat er wel degelijk auto-immuniteit bestaat. Daarbij moeten echter wel twee punten worden aangetekend. In de eerste plaats is het voor de meeste van de ongeveer veertig bekende auto-immuunziekten (tabel 1 en 2), waarbij er wel een duidelijke afweer tegen delen van het eigen lichaam bestaat, niet goed mogelijk om te zeggen dat er aan de bovengenoemde punten niet goed voldaan wordt. In de tweede plaats is het duidelijk geworden dat de grens tussen tolerantie en auto-immuniteit niet een kwestie van ja of nee is, maar veeleer van meer of minder.



Geringe auto-immuniteit bij iedereen

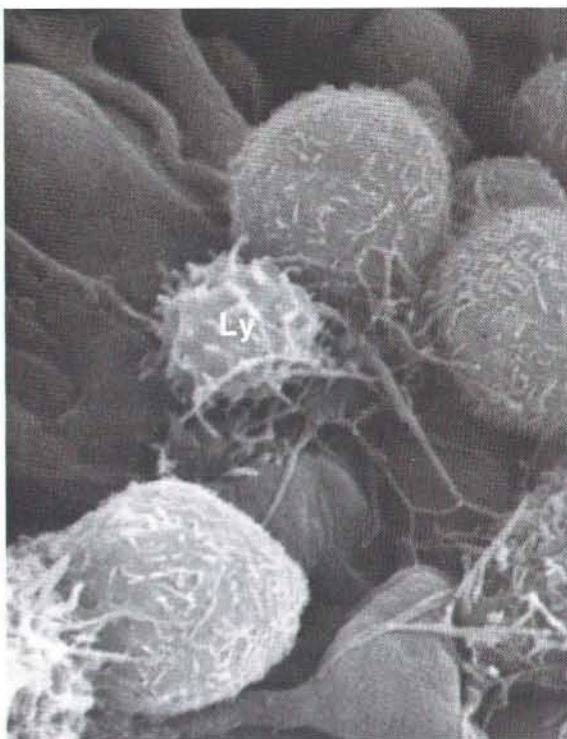
Om deze titel te begrijpen is het nodig om te beseffen dat wat wij gewoonlijk 'een antigeen' noemen, eigenlijk een voorwerpje (cel of een groot molecuul) is met een verzameling antigene determinanten (*epitopen* of ook wel haptenen genoemd), die ieder een immunologische

Onder: Een antigeen is een 'voorwerpje' (een cel of molecule) bezet met allerlei *antigene determinanten* (= epitopen). Het immunologisch systeem beschouwt iedere determinant apart. Bacteriën en lichaamseigen cellen hebben soms epitopen gemeen. Antistoffen tegen sommige bacteriën fungeren daardoor tevens als auto-antistoffen.

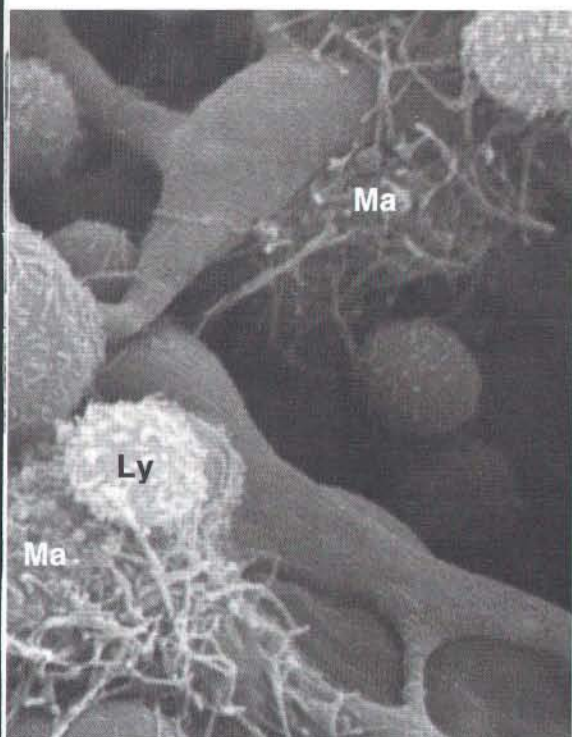


reactie kunnen opwekken. De cellen van het immuunsysteem, de lymfocyten, bezitten op hun buitenkant receptoren die deze antigene determinanten kunnen herkennen. Alleen passende combinaties leiden tot een immunologische reactie. De receptoren op het oppervlak van de lymfocyten kunnen ook nog in meerdere of mindere mate hun affiniteit tot de antigene determinanten laten blijken, daar de ene receptor veel beter op een bepaalde determinant past dan de andere. Wanneer verschillende receptoren op één lymfocyt een combinatie aangaan met verschillende gelijke antigene determinanten op één antigeen dan zal de binding heel hecht zijn en de stimulatie van deze lymfocytenkloon ook sneller optreden. Het is nu goed mogelijk dat een individu tolerant is voor de meeste determinanten op één auto-antigeen doch niettemin auto-immuun ten opzichte van enkele andere determinanten.

Ook het immunologische systeem is in zijn gedrag niet homogeen. De B-lymfocyten die na stimulatie antistof-producerende plasmacellen tot nakomelingen hebben, zijn vaak in



staat om auto-antistoffen te produceren. Zij worden in hun 'enthousiasme' bestuurd en geremd door T-lymfocyten en met name door de T-suppressorcellen. Deze T-cellen zijn veel gemakkelijker tolerant te maken voor een antigeen dan B-cellen. Wij zullen dan ook vaak te maken hebben met een situatie waarin de B-cellen wel auto-immuun willen reageren maar hier niet toe overgaan omdat de T-cellen hiervoor niet het benodigde signaal geven. Het is duidelijk dat dit een weinig evenwichtige situatie oplevert. Dit evenwicht is nog wankeler bij mensen met een bepaalde genetische constitutie (erfelijke informatie). Zo zullen mensen met de genetische merker HLA-DW3 (zie Natuur en Techniek, 51, 11, 1983) eerder tot auto-immuniteit neigen dan anderen. Ook op hogere leeftijd laat het T-suppressorsysteem de touwtjes wat vieren. Bovendien is een milieu met oestrogene hormonen voor dit systeem minder gunstig. Auto-immuunziekten worden dan ook vooral waargenomen bij oudere vrouwen met het histocompatibiliteits-antigeen HLA-DW3.



Boven: Het immunologisch systeem in de lymfklier. Antigenen worden meestal eerst door macrofagen (Ma) gefagocyteerd, waarna de epitopen via de ranke uitlopers ter herkenning aan de lymfocyten (Ly) worden aangeboden. De macrofagen spelen ook een rol bij de interactie tussen de T- en B-lymfocyten.

Auto-immuunziekten

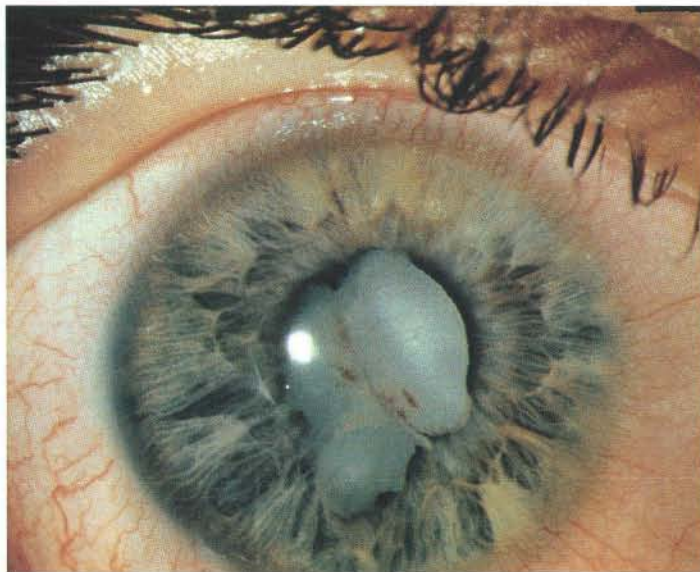
Wij zijn allen min of meer auto-immuun, dat wil zeggen: wij hebben allen B-cellen die auto-antistoffen zouden kunnen maken. Meestal gebeurt dit ook in zeer geringe mate. Bij velen is dit overduidelijk (25 procent van de vrouwen ouder dan zestig jaar hebben auto-antistoffen tegen eigen schildklierweefsel en eigen maagslijmvlies zonder dat zij daar last van hebben). Maar bij ongeveer twee procent van de bevolking is er sprake van een echte auto-immuunziekte, hetgeen wil zeggen dat de patiënt last heeft van zijn auto-immuniteit.

Secundaire auto-immuunziekten

Auto-immuunziekten worden onderscheiden in secundaire auto-immuunziekten en primaire of idiopathische auto-immuunziekten. Bij *secundaire* auto-immuunziekten is de oorzaak van de auto-immuniteit bekend of wordt althans vermoedt. Dit kan bijv. zijn het in geringe mate veranderen van een auto-antigeen na een operatie, trauma, infectie of door geneesmiddelen. Tevens kunnen de hartspiercellen na een hartinfarct dusdanig veranderen dat

TABEL 1. Enkele secundaire auto-immuunziekten.

Ziekte (oorzaak)	Auto-antistoffen tegen
<i>Veranderde auto-antigenen</i>	
Post-hartinfarctsyndroom	Hartspierweefsel
Juveniele diabetes type Ia	Eilandjes van Langerhans
<i>Exogene antigenen die lijken op auto-antigenen</i>	
Rheumatoïde ontsteking van het binnenste hartvlies (endocard)	Hartcellen (antilichamen tegen een streptococ kruis-reageren met de cellen van het binnenste hartvlies)
<i>Lekkage van ingekapselde antigenen</i>	
Obstructie zaadleider	Spermatozoën
Oogontsteking (facogene uveïtis)	Ooglenseiwitten



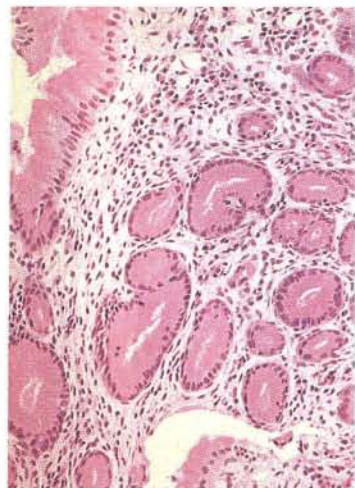
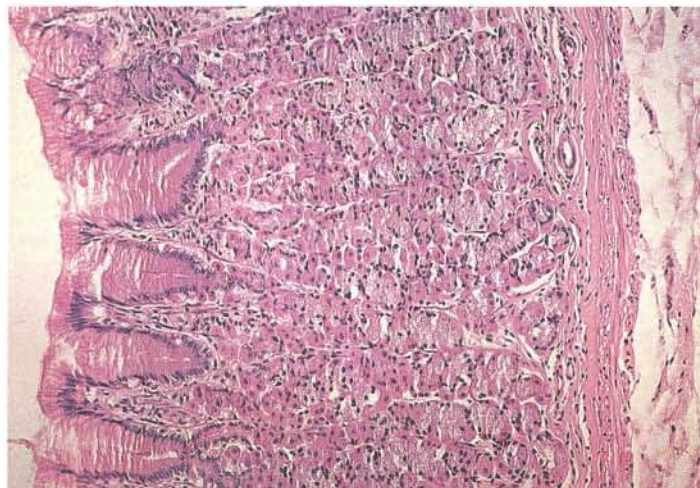
Boven: Een traumatische perforatie van het ooglenkapsel. De antigenen die hierbij vrijkomen zijn zo lang en gedegen ingekapseld geweest, dat het immunologisch systeem ze niet meer tolereert. Een oogontsteking kan dan het gevolg zijn.

Onder: Een normaal maagslijmvlies. Het geplooid oppervlak (links) gaat over in zeer smalle crypten die o.a. bekleed zijn met de rode pariëtale cellen. Deze cellen maken het maagzuur en de zgn. intrinsieke factor, waardoor het lichaam auto-antistoffen kan maken.

Rechtsonder: Ten gevolge van auto-immuniteit tegen de pariëtale cellen is de maag ontstoken. De pariëtale cellen zijn verdwenen. Maagzuur en intrinsieke factor worden niet meer geproduceerd. Een pernicioze anemie kan het gevolg zijn.

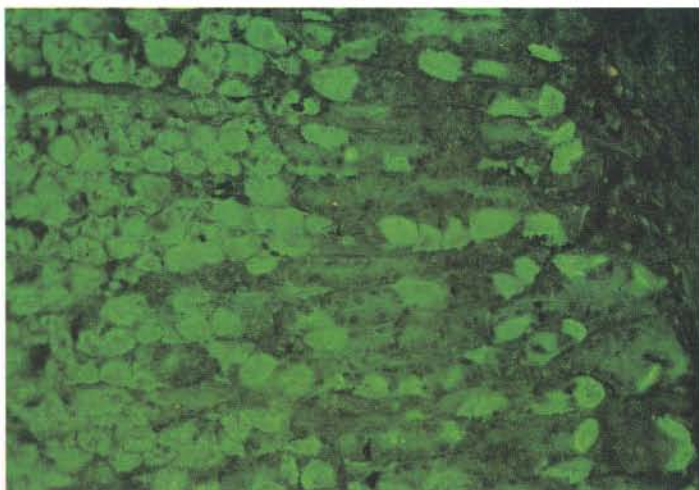
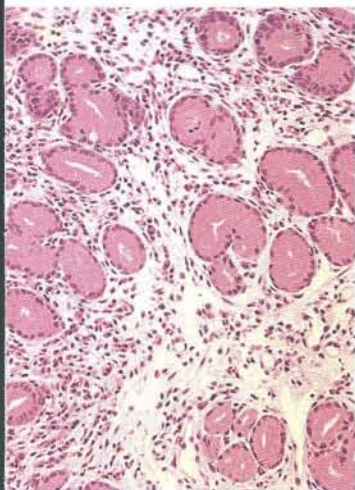
Geheel rechtsonder: Normaal ratte-maagweefsel in aanraking gebracht met bloedserum van een patiënt met zo'n maagontsteking. De auto-antistoffen hechten zich op de pariëtale cellen. Dit wordt hier aangetoond met een fluorescentietechniek.

Onder: Operaties kunnen het optreden van geringe veranderingen in auto-antigenen veroorzaken. De nieuwe epitopen worden als vreemd herkend, waarna de antistoffen hiertegen na de operatie auto-immunoverschijnselen kunnen oproepen.



er auto-antistoffen ontstaan. Ook het binnendringen in het organisme van een lichaamsvreemd antigeen, dat sterk lijkt op een auto-antigeen, kan de aanleiding zijn tot het vormen van antistoffen die zowel tegen die van het vreemde antigeen gericht zijn als tegen determinanten van het auto-antigeen. Tenslotte kunnen er auto-antigenen uit een ingekapseld orgaan lekken waar dan auto-antistoffen tegen gevormd kunnen worden. Dit is hiervoor al voor oogglenseiwitten en sperma beschreven.

Kenmerkend voor de secundaire auto-immuunziekten is dat het auto-immuunfenomeen vaak van voorbijgaande aard is. Zodra het in geringe mate veranderde antigeen verdwijnt, nemen ook de auto-immuunverschijnselen af. De ziekte geneest dan ook vaak. Het immuunsysteem bij deze secundaire auto-immuunziekten is geheel normaal. De ziekte komt bij mannen even vaak voor als bij vrouwen. Er is geen voorkeur voor gevorderde leeftijd en wanneer een patiënt één secundaire



auto-immuunziekte heeft, is de kans om ook een andere auto-immuunziekte te krijgen niet gestegen. In tabel 1 zijn enkele secundaire auto-immuunziekten vermeld met de daarbij behorende auto-antistoffen.

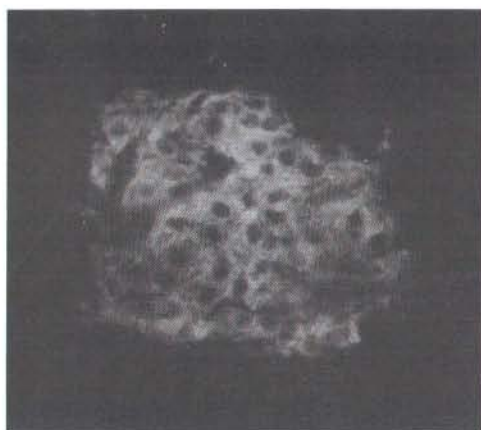
Als voorbeeld volgt hier de bespreking van één van deze secundaire auto-immuunziekten nl. een bepaald soort suikerziekte. Dit type diabetes mellitus is de juveniele *insuline-afhankelijke* diabetes mellitus (niet alle vormen van suikerziekte behoeven met insuline behandeld te worden) die vooral bij kinderen (juvenielen) voorkomt (type Ia). Men neemt hierbij aan dat tieners met een bepaalde genetische constitutie (HLA-antigenen spelen hierbij een rol) een virale infectie met bijv. een Cocksakie-, rubella- (rode hond) of bofvirus oplopen. Deze infectie die bij de meeste kinderen slechts lichte ziekteverschijnselen geeft, kan soms gepaard gaan met een ontsteking van de eilandjes van Langerhans in de alvleesklier (pancreas). In deze eilandjes moeten vooral de insuline-producerende β -cellen het ontgelden. Waarschijnlijk ontstaan er door deze ontsteking geringe veranderingen in de antigenen van de β -cellen van de eilandjes van Langerhans. In ieder geval komt er vaak een productie van auto-antistoffen op gang.

Deze auto-antistoffen die met een immuunfluorescentietechniek aantoonbaar zijn, verdwijnen na verloop van tijd weer. Het auto-

Rechts: Rond een galgangetje bevindt zich een infiltraat van lymfocyten, een gevolg van primaire biliare cirrhose. Deze cellen tasten zelfs het gangetje zelf aan. Deze patiënten bezitten auto-antistoffen tegen mitochondriën.

Geheel rechts: Rheumatoïde arthritis of chronische reuma in een kniegewricht. Men ziet de onderkant van het dijbeen en de binnenkant van de naar rechts weggeklapte knieschijf. Het gewrichtskapsel is van binnen veel te bruin (bloed) en veel te grillig geplooid. Het kraakbeen is aangetast.

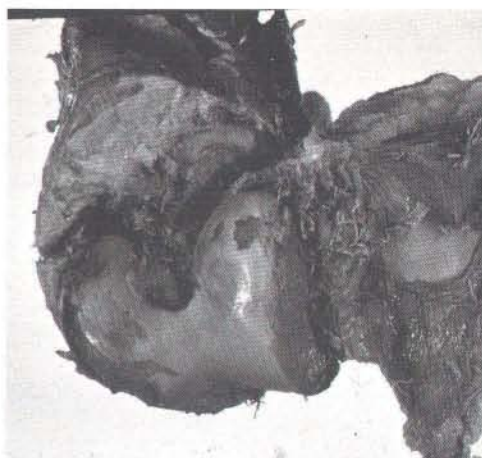
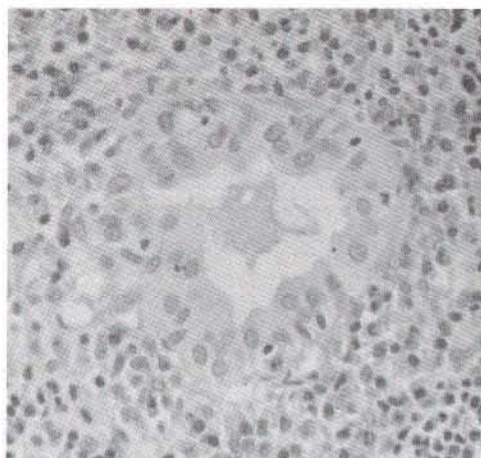
immuunproces is dan voorbij, doch de patiënt blijft met vernielde β -cellen achter en zal zichzelf levenslang insuline moeten inspuiten en een dieet moeten volgen om het bloedsuikergehalte op een zo normaal mogelijk peil te handhaven. Deze juveniele insuline-afhankelijke diabetes mellitus maakt tien à twintig procent uit van de totale populatie van suikerzieken, waarbij jongens lichtelijk de boven- toon voeren. De patiënten lijden meestal niet aan een andere auto-immuunziekte. Het immuunsysteem is bij deze patiënten normaal.



Het bloedserum van een juveniele diabeet kan auto-antistoffen bevatten tegen de eilandjes van Langerhans en geeft dan dit fluorescentiebeeld van de pancreas.

TABEL 2. Enkele idiopathische auto-immuunziekten.

Ziekte
A. Orgaanspecifieke auto-immuunziekten
Schildklier (ziekte van Hashimoto)
Maag (Pernicieuze anemie)
Alvleesklier (juvenile diabetes type Ib)
B. Andere idiopathische auto-immuunziekten
Lever (primaire biliare cirrhose)
Spier (Myastenia gravis)
Huid (Pemphigus)
C. Gegeneraliseerde auto-immuunziekten
Huid, nier etc. (Lupus erythematosus)
Gewrichten, spier etc. (Rheumatoïde arthritis)



Primaire of idiopathische auto-immuunziekten

Bij deze auto-immuunziekten hebben wij tot nu toe geen idee waarom zij op een kwade dag ontstaan. Min of meer plotselinge veranderingen van eigen antigenen zijn niet waarschijnlijk. Wel ziet het er naar uit dat de B-cellen die auto-antistoffen kunnen maken hiertoe van het T-suppressorsysteem min of meer vrij spel krijgen. Daar, zoals gezegd, dit controlerende systeem bij vrouwen en op gevorderde leeftijd zwakker is, treden deze ziekten vooral bij oudere vrouwen op. Dit is lang niet voor alle

idiopathische auto-immuunziekten even duidelijk, doch deze ziekten worden bijna nooit bij jonge jongens gezien.

Zoals voor de hand ligt, geeft het vermindere van de T-celcontrole allerlei B-celklonen de kans om geactiveerd te raken. Patiënten met één idiopathische auto-immuunziekte zullen dan ook een verhoogde kans lopen om ook symptomen van een andere idiopathische auto-immuunziekte te vertonen.

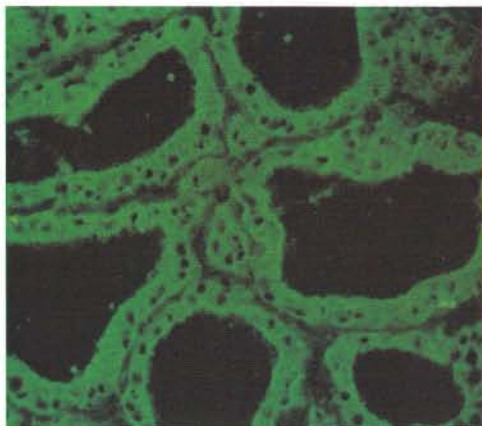
Tabel 2 bevat een lijst van de idiopathische auto-immuunziekten. Deze lijst valt in drie de-

Auto-antistoffen tegen

Thyreoglobuline, cytoplasma	Deze stoffen/cellen zijn specifiek voor dat orgaan
Intrinsieke factor, pariëtale cellen	
Eilandcellen van de pancreas	

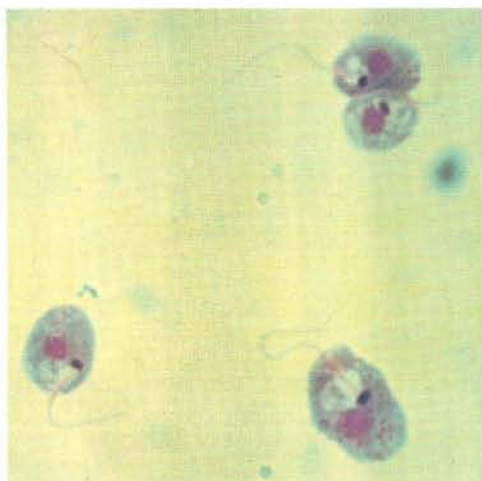
Mitochondria	Deze structuren zijn niet beperkt tot één orgaan, maar de afwijkingen ontstaan wel in één orgaan
Acetylcholine-receptoren	
Kitstof tussen opperhuidcellen	

Kernen, dubbelstrengs DNA	Deze structuren zijn niet beperkt tot één orgaan en de afwijkingen kunnen in verschillende organen ontstaan
Immuunglobuline-G (IgG)	



Links: Bij zeer veel schildklierziekten komen auto-antistoffen tegen schildklierweefsel voor. Deze worden aangetoond door normaal schildklierweefsel in contact te brengen met bloedserum van de patiënt en daarna met fluorescerende dierlijke antistoffen die tegen menselijke antistoffen zijn gericht. Via een fluorescentiemicroscop is dan een groene kleur te zien op die plaats waar de antistoffen zich hebben gehecht. In dit geval zijn de antistoffen gericht tegen het cytoplasma van de follikelbekledende epitheelcellen (ziekte van Hashimoto).

Rechts: Dezelfde fluorescentietechniek toont hier auto-antistoffen tegen een intercellulaire kitsubstantie van het huidepitheel. Dit duidt op de blarende huidziekte Pemphigus. De antistoffen zijn mede verantwoordelijk voor het loslaten van de samenhang tussen de huidcellen. Hierdoor worden de bij Pemphigus optredende blaren verkleard.

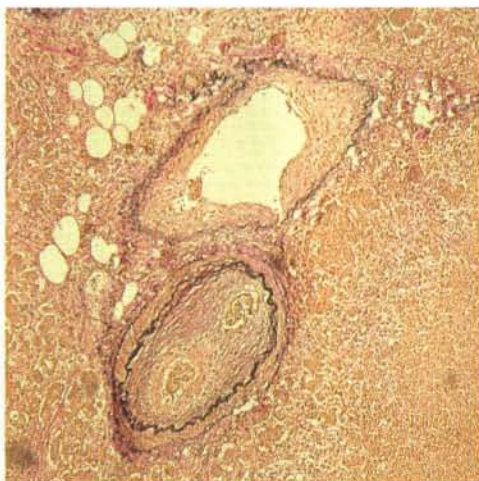
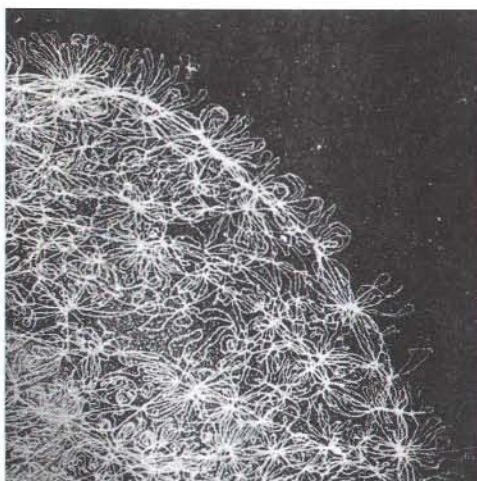


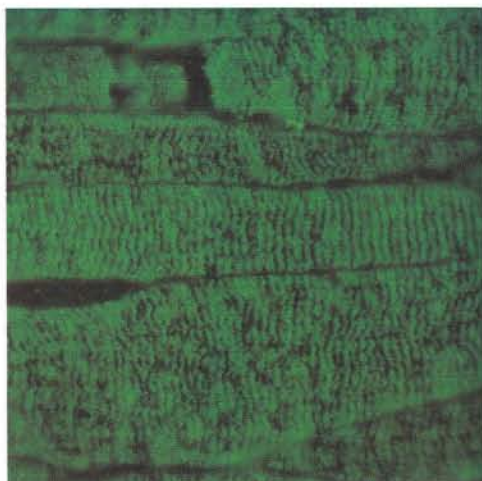
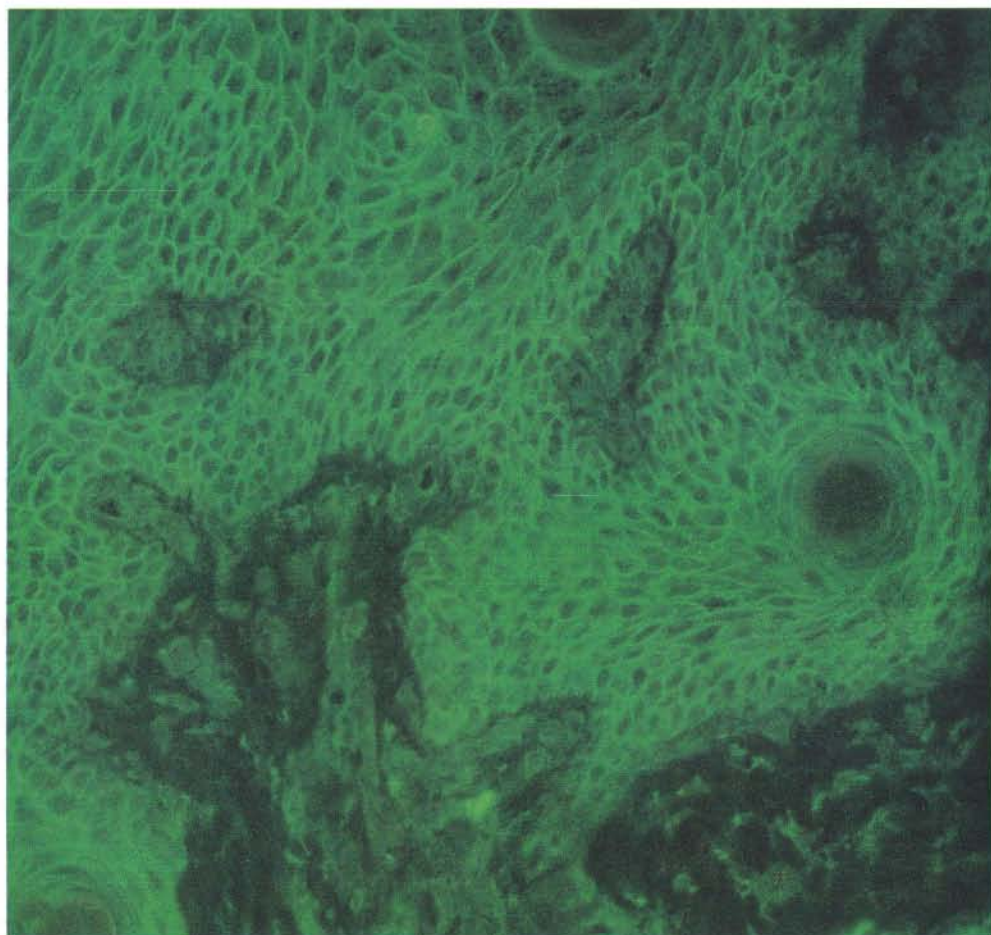
Boven: Naast de kern van deze flagellaten bevindt zich een reuzemitochondrium met kinetoplast.

Rechtsboven: Dit kinetoplast toont op een EM-foto een netwerk van ringvormig DNA zonder histonen (eiwitten rond het DNA). Hierdoor is het mogelijk om in een mengsel van antistoffen tegen allerlei kernantigenen het anti-DNA apart te herkennen.

Rechts: Vaatontsteking bij rheumatoïde artritis. Het onderste slagadertje is door bindweefselgroei al geheel afgesloten. Het bovenste is door reactieve groei van de binnenwand vernauwd.

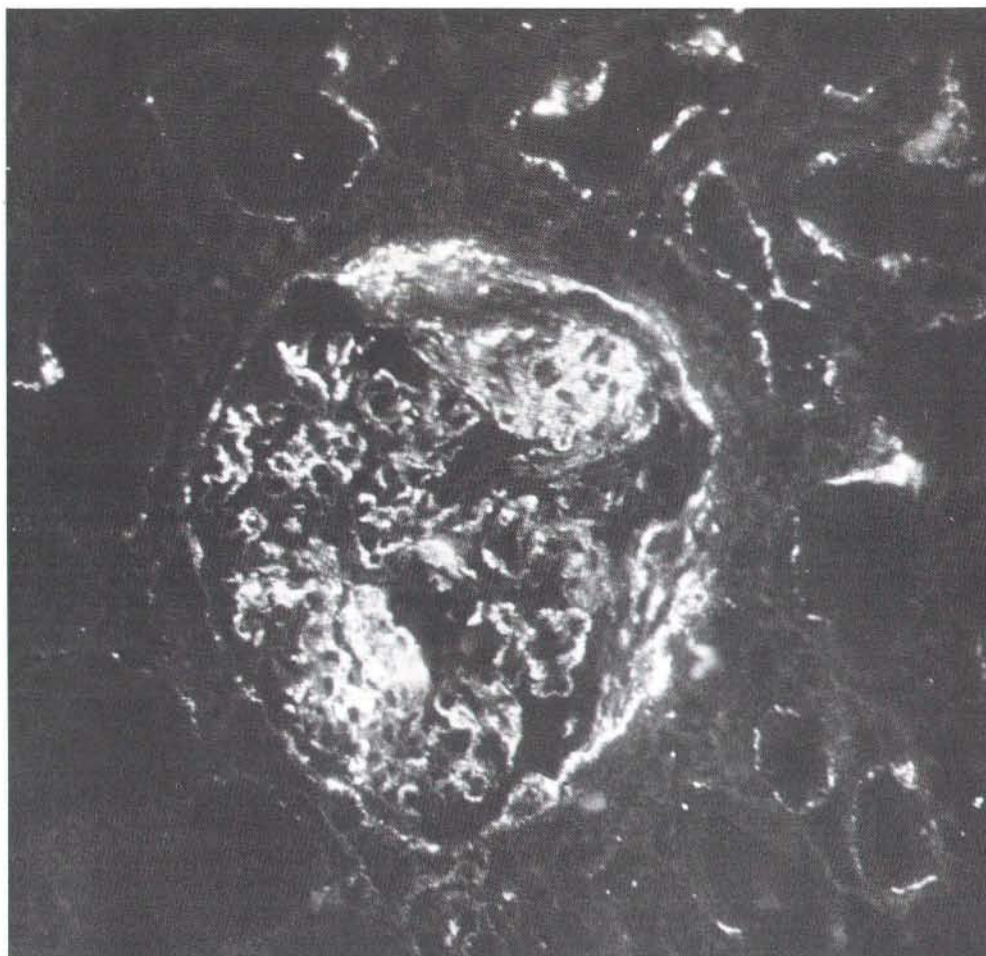
Geheel rechts: Bij Myasthenia gravis (zie tekst) en bij tumoren van de zwezerik worden vaak auto-antistoffen tegen dwarsgestreept spierweefsel waargenomen.





len uiteen. Belangrijk zijn enerzijds de gemeenschappelijke kenmerken van de *orgaan-specifieke* auto-immuunziekten (schildklier, maag, alvleesklier) tegenover anderzijds de *generaliseerde* auto-immuunziekten waarvan de auto-antigenen verspreid in het lichaam gelegen zijn (DNA, andere kernantigenen, immuunglobulinen enz.). Tot deze groep ziekten behoren de gesystematiseerde Lupus erythematosus (hierbij zijn er antistoffen tegen een onderdeel van het DNA aanwezig) en Reumatoïde arthritis (ook wel chronische reuma genoemd).

Ook van deze groep één uitgewerkt voorbeeld: ook een vorm van suikerziekte en wel het type dat een enkele keer bij volwassenen gezien wordt. Dit type *insuline-afhankelijke*



Een nierontsteking bij Lupus erythematosus. Met deze fluorescentietechniek kunnen niet alleen antistoffen in bloeds serum worden aangetoond. Hier is met fluorescerende antistoffen tegen het zgn. 'complement' (een systeem van eiwitten dat betrokken is bij de verwerking

van het complex bestaande uit antigenen en antistof) aangetoond dat zowel 'complement' als waarschijnlijk ook auto-antistoffen zijn neergeslagen in het filterende apparaat (glomerulus) van de nier en in de membranen van de nierbuisjes.

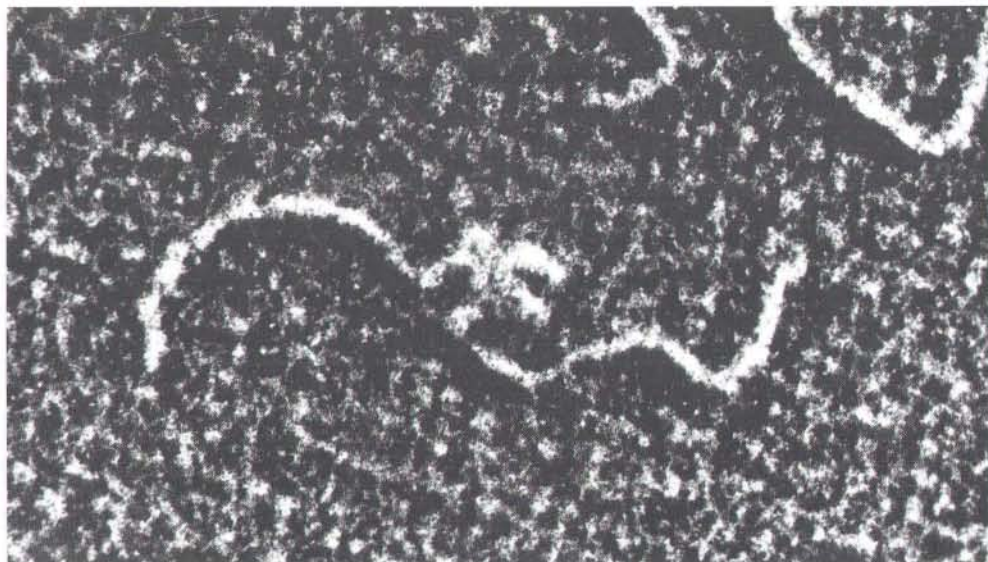
diabetes mellitus wordt aangeduidt als type Ib. Het vormt slechts één à twee procent van de hele populatie van suikerzieken. Het betreft hier een ziekte die vijf maal vaker bij vrouwen voorkomt dan bij mannen. Deze vrouwen vertonen meestal ook auto-immuunverschijnselen van de schildklier, maag, bijnierschors en/of hypofyse. Ook bij dit type diabetes mellitus kunnen auto-antistoffen tegen alle cellen van het eilandje van Langerhans worden aangetoond, terwijl het toch vooral de insuline-

producerende β -cellen zijn die te gronde gaan, waarna de patiënten de rest van hun leven weer op insulinetoediening zijn aangewezen.

Bij sommige idiopathische auto-immuunziekten bestaan er antistoffen tegen receptoren op de celmembranen. Soms leidt dit tot vermindering van het aantal receptoren. Zo is de abnormale spierversmoegbaarheid bij Myasthenia gravis het rechtstreekse gevolg van auto-antistoffen tegen receptoren voor acetylcholine, een stof die zorgt voor activatie van de

spieren. Bij myasthenie komen ook antistoffen tegen de spieren zelf voor, maar deze zijn niet van belang voor het ontstaan van de ziekte. Soms hebben de auto-antistoffen juist een stimulerend effect. Zo bootsen auto-antistoffen tegen receptoren op schildklieren voor TSH (een hormoon dat de schildklier stimuleert) de functie van het TSH na. De schildklier gaat dan veel te hard werken en een overproductie van schildklierhormoon (hyperthyreoidie of ziekte van Basedow-Graves) is het gevolg.

Het bestuderen van de mechanismen, die aan deze afwijking ten grondslag liggen, is niet alleen van belang voor de oplossing van het probleem van de auto-immuniteit, doch ook voor beter inzicht in het mechanisme van het immunologisch reageren. Verdere kennis van de immunogenetische mechanismen bij de mens en van de immunologische basis van auto-immuniteit zal hopelijk in de toekomst kunnen leiden tot een meer structurele aanpak van dit probleem.



Hoewel deze EM-foto in feite geen DNA en anti-DNA weergeeft (maar dubbelstrengs RNA en anti-poly I/C) toont het heel goed hoe men het zich moet voorstellen als een IgM-antistof tegen DNA zich met twee van zijn vijf armen aan de fosforiboseketen van het DNA hecht.

Tot slot

In het voorafgaande is een summiere uiteenzetting gegeven van het begrip tolerantie en auto-immuniteit. In werkelijkheid ligt het probleem veel gecompliceerder. Dit doet echter niets af aan het probleem waar de patiënten mee geconfronteerd worden: het ontstaan van een auto-immuniteit waardoor het functioneren van organen of van het gehele organisme wordt gestoord.

Bronvermelding illustraties

- Paul Mellaart, Maastricht: pag. 802-803, 810 linksboven.
 Uit: F.R. Lillie, *J. Exp. Zool.*, (1917): pag. 804-805.
 Mary Evans Picture Library, Londen: pag. 804, 805.
 Ph. Rümke, Anth. van Leeuwenhoekhuis, A'dam: pag. 806, 807 boven.
 C.J.C.M. Hamilton, Annadal, Maastricht: pag. 807 onder.
 Uit: R.G. Kessel en R.H. Kardon. *Cellen, Weefsels en Organen*. Centr. Uitg. Maastricht, 1983: pag. 808-809.
 Dan McCoy, Black Star/Transworld Features - Holland B.V., Haarlem: pag. 810-811 midden.
 F.T. Bosman, R.U. Limburg: pag. 810, 810-811 onder, 813, 814.
 T.J.C. Van Breda Vriesman, R.U. Limburg: pag. 816.
 Ch. Brack, Parijs: pag. 814 rechtsmidden.
 E. Nahon-Merlin, Inst. Gustav Roussy, Parijs: pag. 817.

WATERSTRAAL VOORTSTUNNING

J.D. van der Baan
Bennekom

Voortstuwing van schepen gebeurt meestal met behulp van een motor als krachtbron en schroef als voortstuwor. Alle concurrerende systemen zijn inmiddels achterhaald, op een enkele uitzondering na: de waterjet. In principe wordt hierbij water aan de voorzijde naar binnen gezogen en, via een pomp, aan de achterkant versneld naar buiten geblazen. Het is een reeds lang bekend principe dat door de huidige stand van de techniek en de ontwikkeling van meer gespecialiseerde vaartuigen nieuwe kansen krijgt, aangezien het diverse voordelen biedt ten opzichte van de conventionele schroefvoortstuwing.



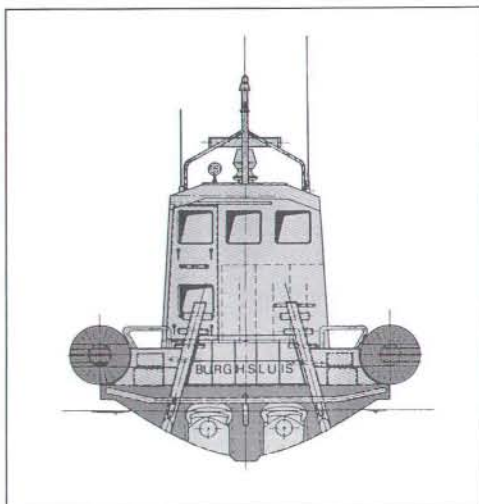
Varen op een pomp

De kenterproef van de 'Koningin Beatrix'. Rechtsboven het schip in haar element. Sinds de 'Insulinde' van het voormalige reddingstation Oostmahorn in 1927 als eerste zelfrichtende reddingboot haar kenterproef uitvoerde, is deze proef van bekwaamheid een vast onderdeel geworden bij de overdracht van een nieuwe, zelfrichtende reddingboot. Naast deze eigenschap heeft zij ook een speciale voortstuwing met een waterjet.



Toen onlangs de nieuwe kustreddingboot 'Koningin Beatrix' in dienst werd gesteld bij de Koninklijke Zuidhollandse Maatschappij tot Redding van Schipbreukelingen (KZHMRS) met als station Burghsluis in Zeeland, was het reddingwezen een zeer bijzondere aanwinst rijker. Het schip is een zgn. Rigid Inflatable Boat, een type dat in Engeland voor het reddingwerk tot ontwikkeling is gebracht, maar inmiddels op grote schaal toegepast wordt.

De ontwikkeling startte met het feit dat de conventionele, opblaasbare rubberen boten niet voldoende capabel werden geacht voor de zeer zware eisen die het reddingwerk stelt. De Engelse reddingmaatschappij wilde kleine, zeer snelle scheepjes hebben die in geval van een acuut ongeval onmiddellijk ter plaatse kunnen zijn, ongeacht het weer. Dit leidde in 1965 tot de ontwikkeling van de Atlantic 21, een zeer snel zeewaardig scheepje van ca. 6,5 m (21 voet) lengte. Hierbij zijn de planerende eigenschappen van een uitgesproken V-vormige romp (diep V) met houten bodem gecombineerd met drijflichamen van opgeblazen luchtkamers zoals deze bij de conventionele rubberboten worden gebruikt. Sindsdien is de Rigid Inflatable Boat een feit en vooral van het type Atlantic 21 (zie onder) zijn er zeer veel in gebruik bij het eerdere vermelde Royal National Lifeboat Institution, maar ook bij het Nederlandse reddingwezen. Ook bij de offshore-industrie en bij de marine worden ze veel als werkboten gebruikt.

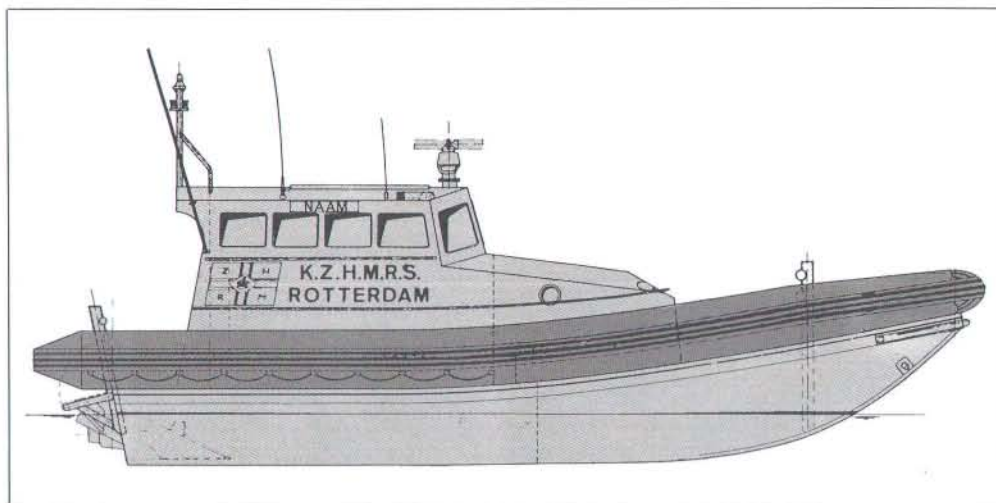


De 'Koningin Beatrix' is een Nederlands ontwerp met een aluminium romp, die op dezelfde wijze wordt afgeschermd door een grote opblaasbare, rubberen cilinder (zie boven). De reddingmaatschappij had reeds ervaring met 'Atlantics', zodat hierop kon worden voortgebouwd. Deze vaartuigjes zijn echter half zo groot als het nieuwe ontwerp, veel eenvoudiger van opzet en worden door aanhangmotoren voortgestuwd. Nu betreft het echter een schip met een waterverplaatsing van bijna 9 ton dat met een snelheid van 26 knoop (46 km per uur)



Boven en rechtsboven: Het uiterlijk van de reddingboot 'Koningin Beatrix'. Vooral het achteraanzicht met de ronde luchtkamers (tubes) doet onwennig aan. De vorm van deze Rigid Inflatable Boats staat er echter borg voor dat zij een hoge snelheid in ruwe zee kunnen behouden.

Links: De Atlantic 21 in zijn meest bekende rol; als kleine, slagvaardige reddingboot van de Engelse reddingmaatschappij, de RNLI.



wordt voortgestuwd. En hiermee zijn we aangeland bij het tweede bijzondere aspect van dit schip: twee dieselmotoren van 225 kW drijven ieder een waterstraalvoortstuw aan in plaats van een schepsschroef. Wat is nu het kenmerkende van deze waterstraalvoortstuw, ofwel 'waterjetpropulsion' in vakjargon?

Sluimerend bestaan

Het idee om een schip voort te stuw door middel van een pompmechanisme is veel ouder dan het idee van de schepsschroef. De eerste toepassingen van waterjets komen uit Engeland en het oudst bekende patent aldaar dateert uit 1661. Tussen 1830 en 1860 waren er alleen al in Engeland niet minder dan 35 patentaanvragen voor diverse uitvoeringen van deze vorm van scheepsvortstuw.

Vele van deze vroege waterjetuitvoeringen gebruikten een zuigerpomp die door een stoommachine werd aangedreven. In 1849 werd een grote stap vooruit gemaakt door toepassing van een systeem, waarbij een centrifugaalpom continu water nabij de kiel aanzooog en het via draaibare uitlaatmonden in de zijden van het schip weer uitblies. Een voorwaartse dan wel een achterwaartse stuwkracht kon geleverd worden, al naar gelang de richting waarin de uitlaatmonden stonden gericht.

Tegen het einde van de 19e eeuw werden waterjets in verschillende uitvoeringen en in uit-

eenlopende scheepstypes toegepast, maar hun voordelen bleken niet op te wegen tegen de nadelen in vergelijking met de op dat moment in opkomst zijnde schepsschroef. Deze laatste werd omstreeks 1680 door Hooke, eveneens in Engeland, voorgesteld; hij werd echter pas in 1804 door Stevens in New York geïntroduceerd en in 1836 door Ericson in Zweden in de praktijk uitgevoerd, waarna de opmars onstuitbaar was.

De waterjet heeft dan ook lange tijd een sluimerend bestaan in diverse laboratoria geleid. Omdat in relatie tot de oppermachtige schepsschroef toch bepaalde, specifieke voordelen werden onderkend is die ontwikkeling daarop gericht geweest en met succes. Deze ontwikkeling heeft de afgelopen decennia vooral in de Verenigde Staten plaatsgehad, maar ook in Europa, met name Engeland, Italië en Zweden, vindt men toonaangevende fabrikanten. In Nederland varen er momenteel veel motorjachten met waterjets, naast de al genoemde reddingboot ook andere bedrijfsvaartuigen, zoals diverse vaartuigen van onze rijksoverheid.

Een extreme toepassing is de in scheepsbouwkringen welbekende, supersnelle veerboot 'Jetfoil' van de Amerikaanse Boeing-fabrieken. Deze 'spin-off' van een militair project kwam in 1975 op het toneel maar heeft nog steeds niet al zijn kinderziektes afgewerkt (zie pag. 824-825).

De techniek van de waterjet

Het concept van de waterstraalvoortstuwing bestaat uit het aanzuigen van water via de scheepsbodem, het transporteren in de lengterichting van het schip door het schip via een tunnel met een ingebouwde pomp en het uitblazen van het water bij de spiegel of achtersteven. Dit uitblazen geschiedt via een uitlaatmond (nozzle) die in de meeste gevallen zeer vernuftig is geconstrueerd. Met deze nozzle kan ook worden gestuurd, waarbij hydraulische servo-cilinders die boven of terzijde van de nozzle zijn gemonteerd de waterstraal tot ca. 30° naar beide zijden kunnen afbuigen. Ook kan ermee worden geremd. Aan dit ombuigen van de waterstraal met een omkeerschuiф (manoeuvring bucket, de 'kappen' op de foto op de pagina hiernaast) dankt de waterstraalaandrijving zijn superieure manoeuvreereigenschappen.



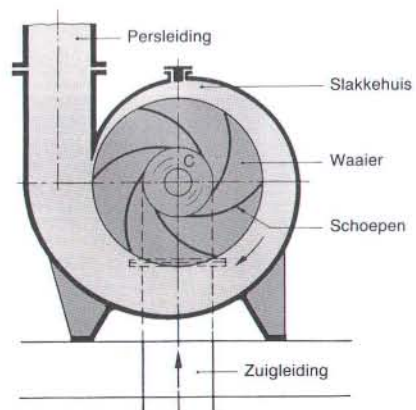
dringerpomp dus die wordt gekenmerkt door een telkens onderbroken werking (intermitterend bedrijf). Vanzelfsprekend is dit niet het meest aangewezen werktuig wanneer men een continue, ononderbroken vloeistofstroom zonder drukpulsen wil hebben.

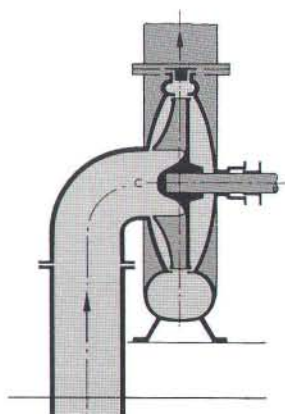
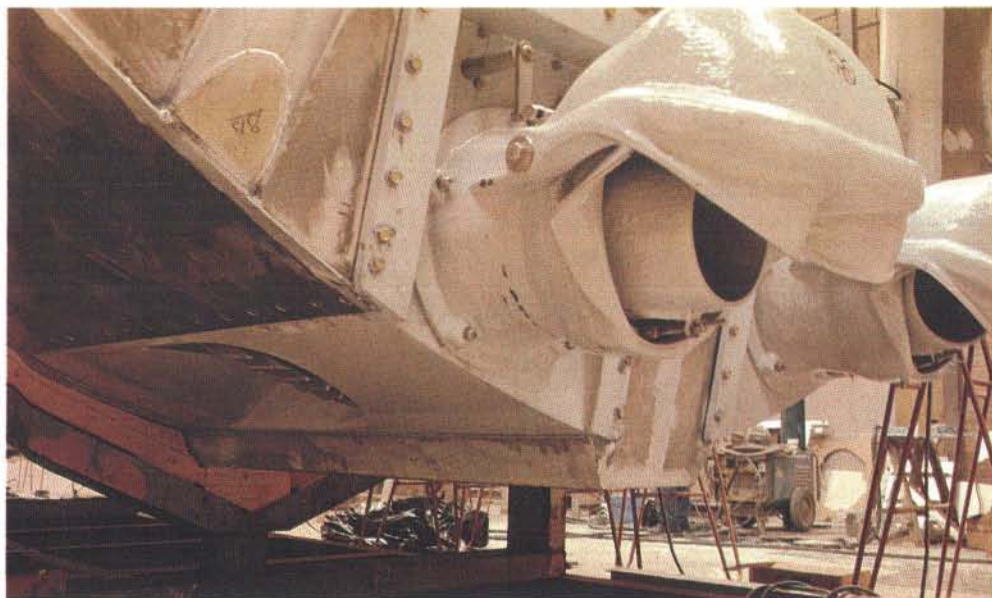
Er ontstond dan ook een belangrijke verbetering van het gehele concept toen de centrifugaalpomp zijn intrede deed. De werking van deze pomp (zie fig. 2) kan als volgt worden samengevat. De centrifugaalpomp heeft als totaal onderdeel een cirkelvormige waaier, bestaande uit een of meerdere schijven waarop zich schoepen bevinden. Deze schoepen zijn in de regel ten opzichte van de draairichting achterover gebogen. De waaier draait in een pomphuis dat wordt gekenmerkt door een asymmetrische vorm en om die reden ook wel slakkenhuis wordt genoemd. Het water wordt, via een zuigleiding, in het centrum aangevoerd en, via een persleiding, aan de omtrek afge-



De bucket kan in iedere gewenste tussenstand worden gebracht, waarbij de resulterende stuwkracht van nul tot maximum kan worden gevarieerd. Tenslotte kan ook de volledige straal worden omgebogen en vaart men dus, na gestopt te zijn, achteruit (zie boven).

De wetenschap waarop deze technologie is gebaseerd stamt voornamelijk uit de werktuigbouw (pompen) waarbij enige scheepsbouwkundige aspecten betrokken zijn. Sinds het prille begin heeft vooral het pompgedeelte een forse ontwikkeling doorgemaakt. Zoals hierboven reeds aangegeven waren de oudste installaties uitgerust met zuigerpompen; een ver-





V.l.n.r.: Een noodstopmanoeuvre van een snel motorjacht uitgerust met waterjets. In dit geval vanaf een snelheid van 37 knoop (69 km per uur), waarbij de achterwaarts gerichte stuwstraal ineens over een hoek van 180° naar voren wordt afgebogen.

Boven: Nogmaals de 'Koningin Beatrix' van achteren gezien. Duidelijk zijn de uitlaatmonden (nozzles) van de waterjets te zien.

Links: Fig. 2. Bij een centrifugaalpomp is het pomphuis asymmetrisch waardoor de naam slakkenhuis is ontstaan.

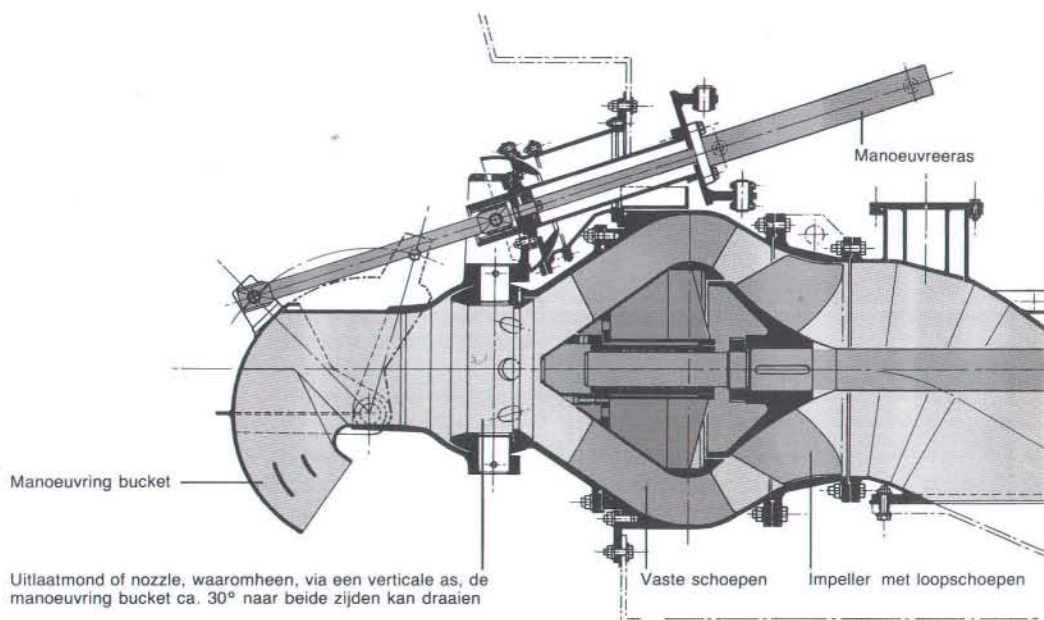
voerd. Als gevolg van de rotatie van de waaier krijgt het water een naar buiten gerichte impuls waardoor het naar de buitenomtrek stroomt en in het centrum van de pomp een onderdruk ontstaat waardoor water wordt aangezogen. De pomp wordt daarbij dusdanig gedimensioneerd dat er afhankelijk van de toepassing een zo gunstig mogelijke omzetting van snelheid (dit is de aanstroomsnelheid naar het centrum van de pomp) in druk plaats vindt.

Bij waterjet vindt vervolgens de laatste fase van het voortstuwingsproces in de direct achter de pomp gelegen nozzle plaats. Hier wordt de door de pomp opgebouwde druk van het water omgezet in een snelheid die groter is dan de aanzuigsnelheid; door een juiste onderlinge dimensionering van het leidingensysteem wordt dit gerealiseerd. Voor deze vorm van aandrijving komen de meeste typen roterende pompen tegenwoordig in aanmerking. Aanvankelijk was dit beperkt tot de reeds beschreven centrifugaalpomp en de axiaal- of schroefpomp. Een axiaalpomp heeft een impeller



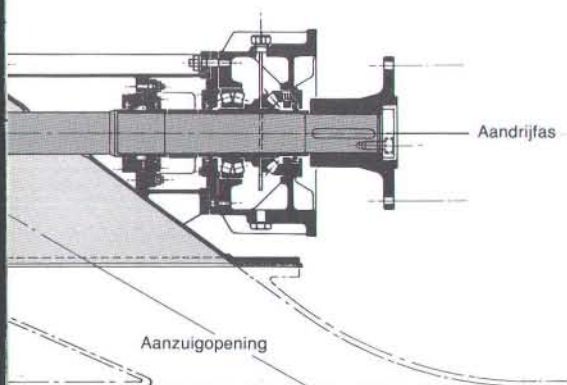
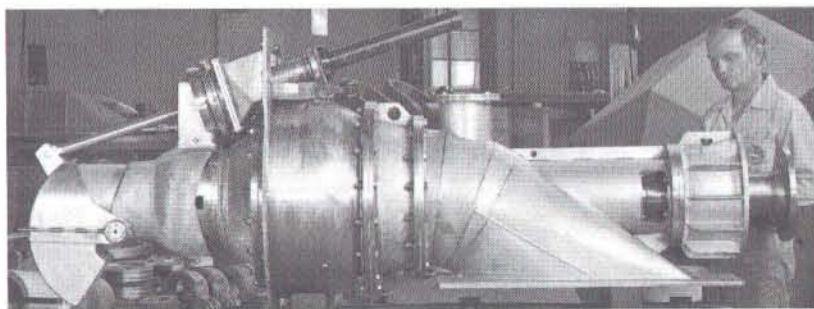
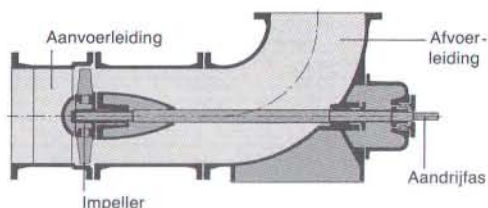
Boven: De Boeing 'Jetfoil' is een militaire 'spin-off' zoals duidelijk uit deze foto blijkt. Op de voorgrond een veerboot, daarachter een patrouillevaartuig. Deze hydrofoils met waterjetvoortstuwing worden verder ontwikkeld en

gefabriceerd met de technologie die kenmerkend is voor de vliegtuigindustrie. In de USA wordt een strategisch belang toegekend aan deze snelle vaartuigen, reden waarom de overheid deze ontwikkeling stimuleert.



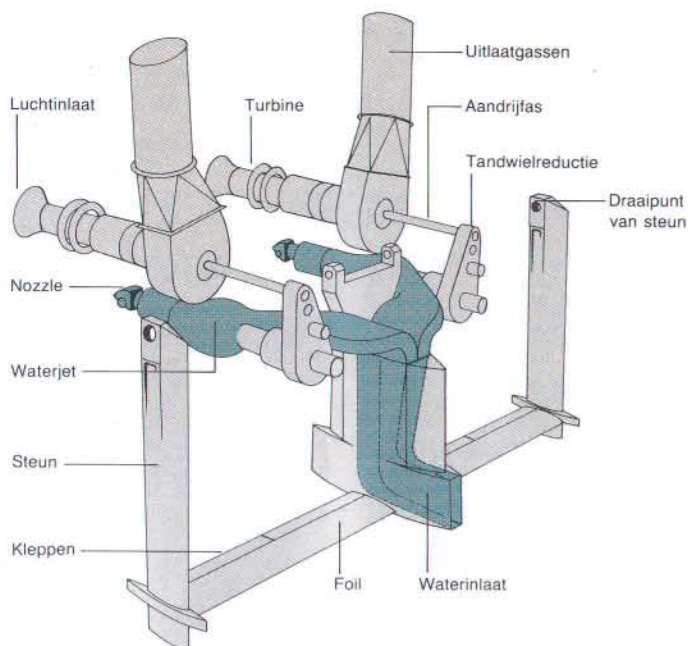


(waaier) die zeer sterk op een schepsschroef lijkt (zie fig. 4). Deze pomp is vooral bekend geworden door zijn toepassing in poldergemalen en irrigatieprojecten. Het kenmerk van de centrifugaalpomp is dat het water in radiale richting (als de spaken van een fietswiel) door de pomp stroomt, terwijl dit bij de axiaalpomp juist axiaal (langs de as) gebeurt; het principiële verschil tussen de pompen is echter dat de centrifugaalpomp geschikt is voor kleine volumestromen met grote opvoerhoogten (hoog drukniveau) en de axiaalpomp daarentegen voor grote volumestromen met kleine opvoerhoogten (laag drukniveau).



Links en hierboven: Fig. 3. Een doorsnede en zij aanzicht van een waterjet op basis van een mixed-flow pompkarakteristiek en geschikt voor snelle schepen met vermogens tot 1100 kW.

Geheel boven: Fig. 4. Een axiaalpomp heeft een impeller die enige gelijkenis met een schepsschroef heeft. Het water wordt in dit geval naar rechts gestuurd.



Links: Fig. 5. De zeer geavanceerde installatie van de Jetfoil waarbij de inname van water plaatsvindt onderaan de horizontale 'foil' (hydrofoil) waarna het omhoog gevoerd en verdeeld wordt over twee krachtige Rocketdyne pompen welke op hun beurt door gasturbines worden aangedreven.

Een andere pomp, de half-axiaalpomp (beter bekend onder de Engelse benaming 'mixed-flow'pomp), kwam vervolgens tot ontwikkeling en deze pomp werd naderhand het meest algemeen toegepast. Dit type pomp is afgeleid van de centrifugaalpomp en wordt gekenmerkt door een compactere bouw met kleinere impeller en een verbeterde omzetting van opvoerdruk in kinetische energie.

In de praktijk heeft men voor de keuze van het pomptype een indeling gemaakt op basis van het zgn. specifiek toerental van de pomp uitgedrukt in:

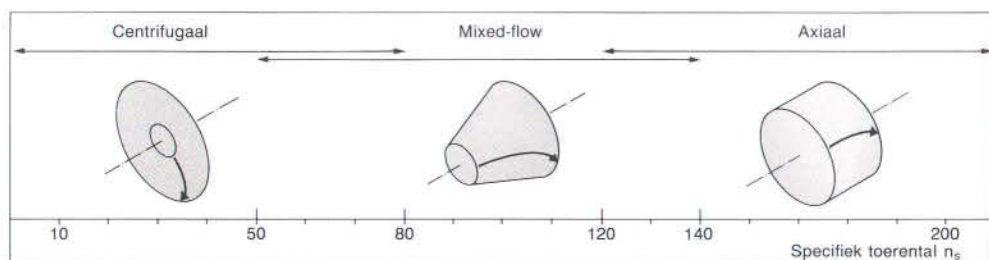
$$n_s = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{1/4}}$$

waarin: n_s = specifiek toerental (niet dimensieloos!); n = toerental van de pomp in toeren per minuut; Q = debiet van de pomp in

$m^3 \cdot s^{-1}$; H = manometrische opvoerhoogte in m. De specifieke gebieden voor de verschillende pompen zijn aangegeven in fig. 6.

Tenslotte nog enkele opmerkingen over het pompgedeelte in het algemeen. Bij een bepaalde (begrensd) diameter kan met ieder pomptype elke gewenste opvoerhoogte worden gerealiseerd door toepassing van meertraps uitvoeringen, waarbij meerdere impellers in serie zijn geschakeld. Daarnaast bezit een pomp naast de impeller (= loopschoepen) ook leid-schoepen die er voor zorgdragen dat het water het schip rotatievrij verlaat. In de hedendaagse commerciële toepassingen worden vooral enkeltraps, mixed-flow pompen met een specifiek toerental van 60 tot 120 toegepast.

Uiteraard zijn er ook meerdere geavanceerde toepassingen, vooral op militair gebied. Bij



één daarvan wordt gebruik gemaakt van 'inducer'pompen. De komst van het ruimtevaart-tijdperk met zijn grote raketmotoren met vloeibare brandstof maakte de ontwikkeling van een dergelijk soort pomp noodzakelijk. Deze inducerpomp is in feite een hybride tweetraps pomp waarbij het inducergedeelte op dezelfde as en direct voor de pompimpeller (meestal axiaalpompe) zit gemonteerd. Deze inducer levert de aanvangsdruk op het moment van (snel) starten van de raketmotoren waarbij de druk in het systeem bijna wegvalt. De Amerikaanse Rocketdyne pomp is hieruit ontwikkeld voor waterstraalaandrijving bij schepen en wordt onder meer toegepast op de Boeing Jetfoil.

De pumpjet

Het scheepsbouwkundig aspect wordt gevormd door de vergelijking met straalbuis-schroeven. Immers een pompimpeller van een waterstraaleenheid kan ook worden opgevat als een scheepsschroef in een huis waarmee wij dan op de straalbuizen terecht zijn gekomen. Een principieel verschil zit echter in de omstroming van enerzijds de pompimpeller en anderzijds de straalbuis-schroef. Bij de straalbuis treedt er circulatie van water rondom het straalbuisprofiel op met een bepaald hydrodynamisch effect; bij de pompimpeller ontbreekt dit volledig. Het normale type straalbuis, zoals algemeen voor sleepboten en suppliers toege-

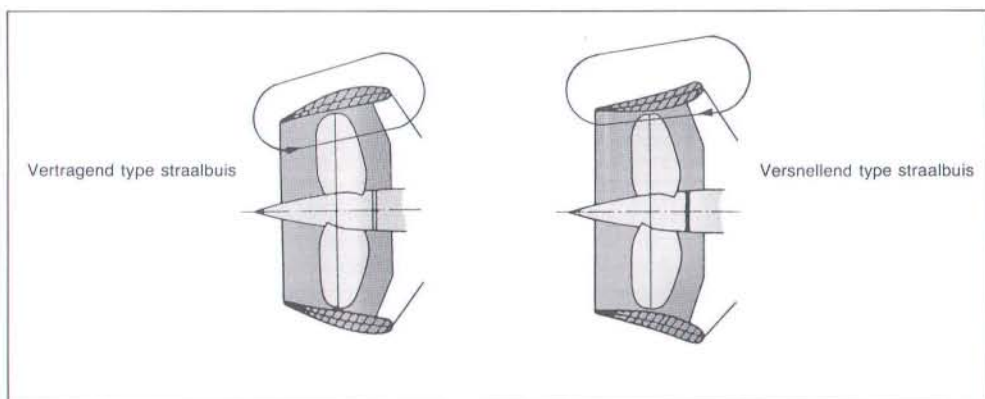
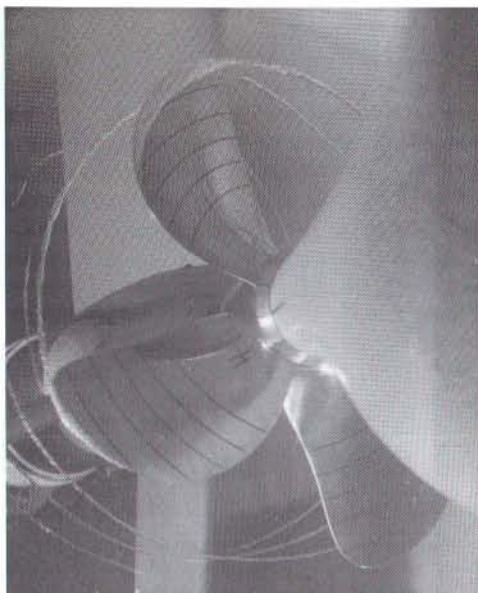
Linksonder: Fig. 6. Het schema van de mogelijke pompkarakteristieken voor algemeen gebruik uitgezet op basis van het specifieke toerental n_s .

Rechts: Een straalbuis-met-roer opstelling. Deze uitvoering is zeer gebruikelijk voor sleepboten, hopperzuigers en vissersschepen en heeft tot gevolg dat een hogere stuwkracht kan worden geleverd bij lagere snelheden. Daarnaast komen ook veel uitvoeringen voor waarbij of alleen de straalbuis of straalbuis met schroef kunnen draaien zodat het roer vervalt.



past, is het versnellende type straalbuis (zie fig. 7), dat wil zeggen het water wordt in de straalbuis versneld.

Er bestaan echter ook straalbuizen van het vertragende type met de misleidende naam van pumpjets. In zekere zin heeft de vorm van het pomphuis van de waterstraaleenheid een zekere gelijkenis met de buis van een pumpjet, maar de werking is totaal verschillend. De pumpjet heeft een relatief laag rendement, maar heeft bovendien als kenmerk dat de cavitatiegrenzen een eind worden opgeschoven, waarbij het werkgebied van het schroef-straalbuissysteem over een zeer groot bereik volledig vrij van cavitatie kan worden gehouden. Dit heeft als voordeel dat ook het cavitatiegeluid kan worden vermeden, hetgeen vooral voor militair gebruik bijzonder belangrijk kan zijn. De straalbuis kan ook draaibaar om een verticale as worden uitgevoerd, zodat hiermee kan worden gestuurd. Een roer is dan niet nodig.

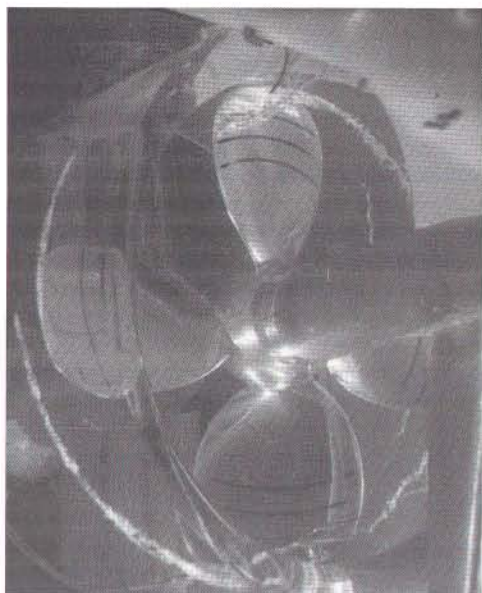


Manoeuvreren

Dit verhaal zou niet compleet zijn indien niet enkele opmerkingen over het onderwerp manoeuvreren werden gemaakt, want ook hier kan waterstraalaandrijving een rol spelen. Het is een eigenschap van de meeste schepen dat zij bij lage snelheden slecht sturen, laat staan dat men er dwarsuit mee kan varen, bijv. om van de kade los te komen. Er werden dan ook diverse hulpmiddelen ontwikkeld om deze situatie te verbeteren waarbij de zgn. boegschroef-

ven of boegbuizen (bowthrusters) het meest bekend zijn en ook zeer veel worden toegepast.

In het voorschip, vlak achter de steven, is in dwarsscheepse richting een tunnel aangebracht, waardoor het water kan worden gepompt. Er zijn schepen met één tunnel waarbij het water dan zowel van stuurboord naar bakboord als in omgekeerde richting kan stromen en schepen met twee of meer tunnels waarbij elke tunnel een vaste stroomrichting kan hebben. Daarnaast wordt bij diverse scheepstypes (veerboten, containerschepen, suppliers) het



Boven: Cavitatie hier zichtbaar gemaakt aan model-schroeven in de cavitatietunnel van MARIN te Wageningen. Cavitatie is het verschijnsel dat dampbellen ontstaan wanneer bij toenemende onderdruk plaatselijk de dampspanning wordt overschreden. Er ontstaan dan bellen die tamelijk solitair kunnen blijven (bellencavitatie) of die massaal optreden waarbij vliescavitatie of wolken-cavitatie kan ontstaan. De wijze waarop deze caviteiten via de zgn. tipwervel de schroef verlaten (vandaar die mooie spiralen in het water) is bepalend of er mechanische problemen (lawaai, maar ook cavitatie-erosie van de schroefbladen) ontstaat.

Links: Fig. 7. De vertragende straalbuis staat links weergegeven. Hij wordt ook wel pumpjet genoemd die zeer uitzonderlijk wordt toegepast; vooral bij marineschepen. Rechts de algemeen toegepaste versnellende buis. De circulatie van de grenslaag verloopt voor beide buizen in tegengestelde richting.

manoeuvresysteem vaak nog uitgebreid met een dergelijke inrichting in het achterschip, hekbuisen (sternthrusters) genaamd.

In de meeste gevallen worden eenvoudige systemen met axiaalpompen gebruikt. Er zijn echter ook een aantal, meer geraffineerde uitvoeringen waarbij het principe van de waterjet wordt toegepast. Op uiteenlopende manieren ziet men daarbij kans om in het vlak van het schip (de onderkant) de uitgaande stuwstraal over een hoek van 360° te draaien zodat de extra impuls in alle richtingen kan worden aangewend. Een bekende uitvoering is bijvoorbeeld de Schottel-Pump-Jet (merknaam; niet te verwarren met de voorgaande pumpjets).

In vergelijking tot de mogelijkheden van waterjets voor de hoofdvoortstuwing van schepen blijven dit echter hulpmiddelen die op beperkte schaal worden toegepast.

Resumerend kan worden gesteld dat de toepassing van de waterjetvoortstuwing lange tijd heeft stil gestaan door een combinatie van een groot gewicht en matige rendementen gekoppeld aan een hoge prijs maar dat door diverse ontwikkelingen een doorbraak ten gunste is gekomen. Weliswaar is het rendement lager dan dat van de normale schroef (hoewel de grootste fabrikant van verstelbare schroeven, KaMeWa uit Zweden, die nu ook waterjets levert, claimt dat dit achterhaald zou zijn) maar een aantal, zeer specifieke eigenschappen (zoals: uitstekende manoeuvre-eigenschappen; zeer geschikt om op ondiep water te varen omdat er geen aanhangsels zoals schroeven en roer aanwezig zijn; geen gevaar voor zwimmers in het water), zullen toch tot toepassing op grote schaal gaan leiden.

Literatuur

- Oossanen, P. van, Oosterveld, M.W.C., (1977). *Het voortstuwende van schepen. Hydrodynamische aspecten en modelonderzoek*. Natuur en Techniek 45, 8, pag. 516-535.
- Baan, J.D. van der, (1980). *Scheepsgasturbines. Ontwikkeling en perspectieven*. Natuur en Techniek 48, 9, 710-729.
- Haglund, K., Svensson, R., Björheden, O., (1984). *Design and testing of a high-performance waterjet propulsion unit*. Royal Institution of Naval Architects.
- Barham, L., *Application of waterjet propulsion to high-performance boats*. Rockwell International/Rocketdyne division.
- Etter, R.J., *Waterjet propulsion - an overview*. Marine Propulsion, Am. Soc. of Mechanical Engineers.

Bronvermelding illustraties

- Cees van der Meulen, Heemstede: pag. 818-819.
- Osborne Rescue Boats Ltd, Havant, Hampshire: pag. 820 onder.
- Mulder & Rijke B.V., IJmuiden: pag. 820-821 boven, 823 boven.
- Riva Calzoni, Milaan: pag. 822-823 midden, 824-825 onder.
- Stork Pompen B.V., Hengelo: pag. 822-823 onder, 825 rechtsboven.
- Boeing Marine Systems, Seattle, Washington: pag. 824-825 boven, 826 boven.
- Foto van der Kloet, Sliedrecht/Lips B.V., Drunen: pag. 827.
- MARIN, Wageningen: pag. 828, 829.

ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving
natuur en techniek

Heeft een bevruchte eicel ook rechten

Op welk punt in zijn ontwikkeling wordt een embryo een menselijk wezen en krijgt het recht op de bescherming welke de maatschappij aan alle menselijke wezens biedt? Deze vraag speelt niet alleen een rol bij abortus provocatus maar ook bij het probleem of het ethisch verantwoord is om research te verrichten aan gekweekte embryo's.

Onlangs ontbrandde in Engeland een heftige discussie over de toegankelijkheid van de zgn. 'morning-after'pil. Enkele organisaties hadden een proces aangespannen tegen artsen die hun patiënten deze pil hadden voorgeschreven. Men beschuldigde de artsen van het voorschrijven van een abortus. De procureur-generaal weigerde echter te vervolgen, redenerend dat bij gebruik van de morning-afterpil er nog geen sprake is van zwangerschap, omdat de bevruchte eicel zich nog niet heeft vastgezet in de baarmoeder. Wanneer men dit argument volgt, zou dus een humaan embryo dat buiten het lichaam in kweek wordt gehouden en dat men heeft doen ontstaan door bevruchting van een eicel door zaadcel buiten het lichaam, ook geen menselijk wezen zijn. Het zou dus ook geen recht op bescherming kunnen doen gelden! Zou men research aan het embryo willen doen dan zou men in principe niet eens de ouders om toestemming hoeven te vragen. Het embryo kan immers niet als 'kind' van die ouders worden beschouwd als het geen mens is.

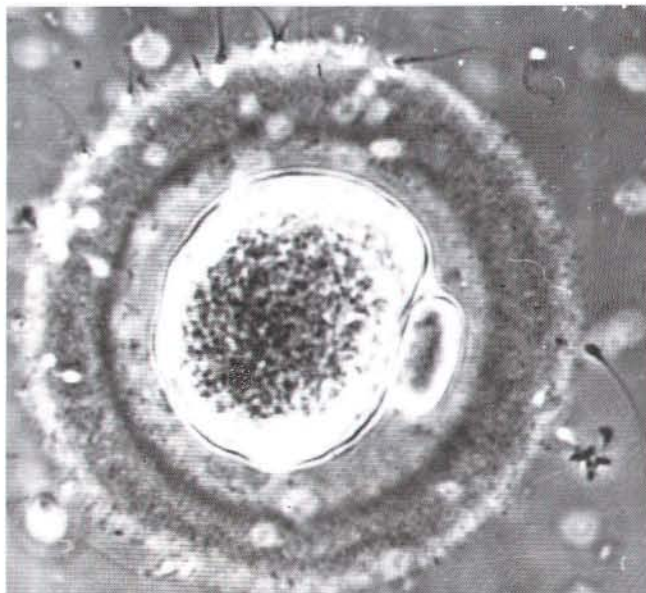
De vraag is: had die procureur-

generaal in Engeland gelijk toen hij dit standpunt innam? Het is moeilijk hier een afgerond antwoord op te geven. Het begrip 'leven' laat zich moeilijk definiëren en dus ook het punt waarop het leven begint. Levende wezens zoals we die op deze aardbol kennen zijn ruwweg te omschrijven als cellen of verzamelingen cellen die zich kunnen vermenigvuldigen. In deze zin is dus een bevruchte eicel die op weg is door de eileider een levend individu. Maar is het ook al een mens?

Men zou kunnen stellen dat een bevruchte eicel wel al leeft, maar

pas mens wordt als zij zich heeft geïmplantéerd in de uterus. Dit argument zou echter alleen te handhaven zijn als er iets fundamenteels veranderde in de eicel na hechting. Maar in feite gaat na implantatie het delingsproces van de eicel gewoon door. Waarom zou men het tijdstip van implantatie in de uterus dan juist als het begin van mens-zijn kiezen?

Er is nog een bezwaar. Stel dat men in de toekomst erin zou slagen om reageerbuisbabies te fabriceren, zou men deze dan 'mensen' mogen noemen? Als we de argumenten van de Engelse procureur-generaal zouden volgen: zeker niet! Maar dat zou tot een absurde positie leiden, want die buiten-het-lichaam gecreëerde wezens zouden in niets verschillen



Zaadcellen naderen een eicel. Onduidelijk is of met het binnendringen een rechthebbend individu ontstaat.

Engels verwaterd

van 'normale' mensen. Hoe zit het dan met de juridische status van embryo's die buiten het lichaam worden gekweekt? Misschien moet de wetgever zoeken naar een oplossing waarbij het standpunt wordt verlaten dat ieder menselijk wezen in gelijke mate recht heeft op maatschappelijke bescherming. Dit klinkt misschien wel cru, maar schept in ieder geval de mogelijkheid om het begrip: 'menselijk wezen' ruimer te stellen dan men in het algemeen doet en dan ook bevruchte eicellen en gekweekt humaan embryonaal weefsel onder dit begrip te vangen. De mate waarin dan recht op protectie zou gelden zou afhangen van het ontwikkelingsstadium. Is de foetus praktisch volgroeid dan heeft hij (of zij) meer rechten dan een bevruchte eicel die pas in het blastulastadium verkeert. Dit kan ook een beter houvast geven bij beschouwingen over abortus, d.w.z. een zevende-maands embryo zou meer recht op bescherming hebben dan een tweede-maands embryo. Men moet niet denken dat deze bespiegelingen buitennissig zijn en weinig relevant. Weliswaar zijn de weefselkweektechnieken momenteel nog lang niet voldoende ontwikkeld om volledige mensen te gaan fabriceren, maar ooit zal dat misschien gebeuren. Hoewel het reïmplanteren van embryo's die voor researchdoeleinden zijn gebruikt nu nog onwaarschijnlijk lijkt, kan men deze mogelijkheid voor de toekomst niet uitsluiten als zo het bepalen van het geslacht en identificatie van genetische defecten mogelijk wordt. Het is te hopen dat tegen die tijd de wetgever bepalingen zal hebben opgesteld, zodat de juridische positie van de bevruchte eicel voor eens en voor altijd vast zal staan.

Dr. M. Sluysers

Antoni van Leeuwenhoekhuis,
Amsterdam

Het is u vast wel eens opgevallen dat in het radioverkeer, bijvoorbeeld in de luchtvaart of bij de politie, het taalgebruik aan heel aparte voorschriften gebonden is. Als het gaat om internationale contacten, is de voertaal altijd Engels, althans een speciale variant daarvan. In de scheepvaart was dat tot nog toe niet het geval, misschien wel omdat de doorsnee zeeman traditioneel vertrouwt op zijn kennis en ervaring, zijn 'zeemanschap'.

Maar nu van een steeds groter deel van de zeevarenden, ongeveer 90 procent, het Engels niet de moedertaal is en velen zelfs amper een woord Engels spreken, wordt de kans op misverstanden en ongelukken te groot en ontstaat behoefte aan een vorm van standaardisatie. Een eerste stap hiertoe werd gezet in het begin



Seaspeak voorkomt misverstanden in het radioverkeer.

van de jaren zeventig, maar al snel bleek dat de *Standard Marine Navigation Vocabulary* in veel praktische situaties toch ontoereikend was. Kapitein Fred Weeks vergeleek deze taal eens met een boekje 'Spaans op reis'; het is heel handig, maar zodra iemand met een antwoord komt dat afwijkt van wat in het boekje staat, zit je met je handen in het haar.

Bij ingewikkelde manoeuvres, zoals het binnenloodsen van een supertanker in een haven of in noodgevallen kan een klein misverstand de oorzaak worden van grote ongelukken. Denk maar eens aan het Engelse 'ninety-eight degrees', dat in een moment van onoplettendheid door een Nederlander of een Duitser gemakkelijk als '89' verstaan kan worden. Daarom moeten getallen altijd cijfer voor cijfer worden doorgegeven. 'Ninety-eight' wordt dan 'zero-nine-eight'.

Taalkundigen van de Universiteit van Cambridge hebben nu, in samenwerking met zeevaartexperts uit Plymouth een vereenvoudigd soort Engels, ontstaand van alle voor de scheepvaart overbodige franje ontwikkeld, genaamd *seaspeak*. Deze standaardtaal wordt gekenmerkt door eenvoudige gebruiksregels, is vrij van dubbelzinnigheden en kent een beperkte, zorgvuldig geselecteerde woordenschat. Die selectie werd gemaakt op basis van een computeranalyse van ongeveer 2000 korte-golfgesprekken uit alle delen van de wereld. De communicatie is verder opgesplitst in onderdelen, die steeds voorafgegaan worden door een sleutelwoord, zoals 'tijd', 'positie', 'instructie', 'waarschuwing', 'getal', etc. De opdracht om om 14 uur naar boei zes op te stomen luidt in

seaspeak: 'Instructie: vaar op tijd een vier nul nul Golf Mike Tango naar boei *getal zes*'. Verder zijn er regels wat betreft de woordvolgorde en andere grammaticale regels. Belangrijk is ook het vermijden van betekenis geven door intonatie, omdat dit heel sterk van taal tot taal verschilt.

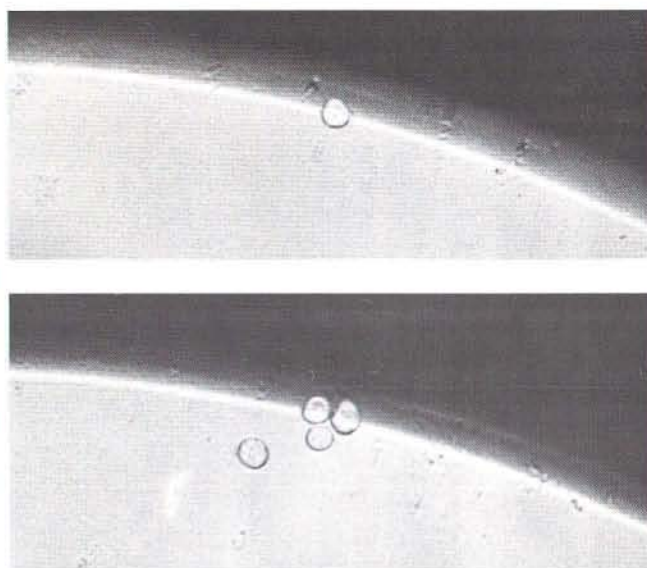
Men hoopt dat zeevarenden uit allerlei landen snel van de voordelen van seaspeak overtuigd zullen raken, waarmee een belangrijke bijdrage zal zijn geleverd aan de veiligheid op zee.

(De letter W)

Bloedstamcel

Dagelijks worden in een volwasen mens ongeveer 5×10^{11} bloedcellen nieuw aangemaakt. De productie volgt nauwgezet de wisselende behoefte van het lichaam. De regulatie van deze gedifferentieerde celaanmaak geschiedt in de cellen van het beenmerg. Er kunnen vijf hoofdtypen bloedcellen met verschillende morfologie, functie en levensduur worden onderscheiden, zoals o.a. de rode bloedcellen voor zuurstoftransport en bloedplaatjes voor bloedstolling.

Alle bloedceltypen ontstaan in het beenmerg uit een gemeenschappelijke voorlopercel: de pluripotente, hematopoietische stamcel. De stamcellen zijn niet alleen in staat tot differentiatie, maar ook tot zelf-replicatie, m.a.w. tot de productie van nieuwe pluripotente stamcellen. Deze eigenschap verschaft het bloedcelvormend systeem een hoge graad van autonomie. Hierdoor kunnen met beenmergtransplantatie (in feite stamceltransplantatie) defecten in de bloedcelvorming worden hersteld bij patiënten en proefdiieren, ook op de lange termijn.



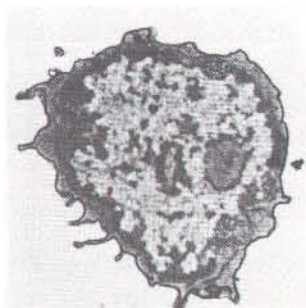
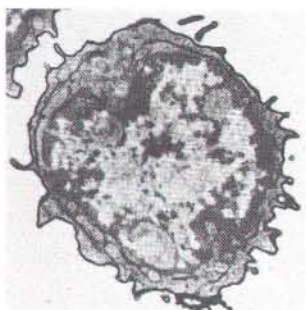
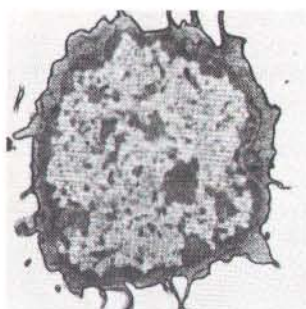
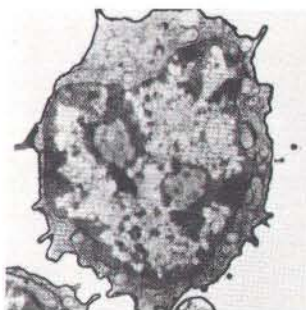
Directe observatie van de eerste delingen van pluripotente stamcellen in kweekbakjes. Boven: na 20 uur. Onder: na 40 uur.

Voor gedetailleerd onderzoek over de regulatie van bloedcelvorming zijn geïsoleerde stamcellen nodig. Omdat uit iedere stamcel na ongeveer 10 celdelingen zo'n duizend rijpe bloedcellen ontstaan, is de stamcel een zeldzaam celtype, dat dus moeilijk zuiver te verkrijgen is (minder dan 1 procent van de beenmergcellen zijn pluripotente stamcellen). Een ander probleem is dat de pluripotente stamcel in veel opzichten sterk lijkt op de eerste gedifferentieerde voorlopercellen, de directe nakomelingen van de pluripotente cellen.

Een groot aantal fysische en cytochemische eigenschappen van de stamcellen en de gedifferentieerde voorlopercellen van de muis is de laatste jaren in kaart gebracht. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een combinatie van celscheiding- en celweektechnieken. Beenmergcellen werden gelabeld met specifieke antilichamen tegen membraaneiwitten, zwak en sterk gelabelde cellen werden gescheiden met behulp van een 'light-

activated cell sorter'. Vervolgens werden de gescheiden celsuspensies in kweeksystemen getest op de aanwezigheid van celtypen, die tot de aanmaak van rijpe bloedcellen in staat zijn.

Aan de hand van deze inventarisatie van fysische en membraaneigenschappen van de diverse voorlopercellen is door ons recent een procedure ontwikkeld, waarmee de pluripotente stamcel van de muis geïsoleerd kan worden. De isolatieprocedure is in het juninummer van het Journal of Experimental Medicine in detail gepubliceerd. Kortweg bestaat de procedure uit drie stappen: scheiding van cellen met een soortelijk gewicht kleiner dan $1,080 \text{ g/cm}^3$ van zwaardere cellen (o.a. granulocyten en erythrocyten door centrifugatie in een dichtheidsgradiënt; kleuren van de lichte celfractie met een fluorescerend gemaakt lectine (geïsoleerd uit tarwekiemen) en sorteren van de sterk gekleurde cellen met de 'light-activated cell sorter'; verwijdering van het lectine, vervol-



Electronenmicroscopische opnamen van doorsneden van geïsoleerde pluripotente, hemopoietische stamcellen.

gens labeling van de cellen met een antistof tegen een eiwit dat veel in de celmembranen van stamcellen voorkomt (anti-H2K), voorzien van een fluorescerende molecule en nogmaals sorteren van de sterkst gelabelde cellen met de cell sorter. De resulterende celsuspensie bevat ongeveer 40 procent van alle stamcellen die in het uitgangsmateriaal aanwezig waren.

De hiermee verkregen stamcellen zijn ondanks de veelheid van separatiestappen functioneel intact. Transplantatie van de geïsoleerde cellen herstelt de bloedcelaanmaak in bestraalde muizen. Door de cellen voor transplantatie nog eens extra te labelen met sterk fluorescerende kleurstoffen of met radioactieve isotopen kunnen de cellen na transplantatie in muizen gelokaliseerd worden. Dit levert gedetailleerde informatie op over de regulerende invloed van de hematopoietische organen op de zelfreplicatie en de differentiatie van de stamcellen. Deze informatie is van belang voor de optimalisering van beenmergtransplantaties.

De eerste celdelingen van de pluripotente stamcel, welke voor de regulatie van de bloedcelvorming van het grootste belang zijn, kunnen nu met deze geïsoleerde cellen voor het eerst met de microscoop bestudeerd worden.

Het beschikbaar zijn van pure stamcellen maakt het nu mogelijk op moleculair niveau de eerste stappen van de bloedcelregulatie, met name de verwerking van regulerende hormonen door receptoren op de stamcel en de expressie van genen (o.a. oncogenen) na hormonale stimulatie te bestuderen. Ook is het nu mogelijk om gekloneerde genen in de stamcellen te brengen en de gevolgen van dergelijke manipulaties voor de bloedcelaanmaak na te gaan.

Dr. J.W.M. Visser
Radiobiologisch Instituut TNO
Rijswijk

Oudste inwoner van Artis-aquarium laat het leven

Het Artis-aquarium is met zijn ruim 100-jarige geschiedenis het oudste in Nederland, en de vis die daar het langst over mee kon praten heeft onlangs de laatste adem uitgeblazen. De Afrikaanse longvis, want daar gaat het hier om, was bovendien de eerste aankoop van de huidige conservator van het aquarium, die in 1955 in dienst trad. In dat jaar haalde hij het dier speciaal uit München en verwierf daarmee een belangrijke bezienswaardigheid: niet alleen omdat de longvissen behoren tot de zogenaamde 'levende fossielen' (de familie is al zo'n 400 miljoen jaar oud en kent nog maar weinig vertegenwoordigers), maar vooral omdat ze nauw verwant zijn aan de befaamde kwastvinnigen, de verre voorouders van de viervoetige landdieren.

De Afrikaanse longvis brengt een deel van zijn leven op het land door, zij het uitsluitend om een 'droogteslaap' te houden. Hij graaft zich zo'n 40 centimeter de grond in, slechts door een smal ademtunneltje met de buitenlucht verbonden, en doorstaat zo de zinderende hitte van het seizoen waarin de poelen en plassen die hij bewoont indrogen.

Het leeftijdrecord onder de Artisvissen heeft hij trouwens niet gebroken. Onbetwist overwinnaar is daarin vooralsnog de befaamde Opa Sterlet, een zoetwatersteur uit Rusland die in 1883 het eerste jaarfeest van het aquarium kwam opluisteren. De gemiddelde leeftijdsverwachting voor dit type steur was toentertijd zeven jaar — maar Opa Sterlet wist niet van ophouden en stierf pas in 1953, ruim 70 jaar oud! Over levende fossielen gesproken...

(Persbericht Artis)

Fosfaat schoner uit afvalwater

Onderzoekers van de Landbouwhogeschool zijn erin geslaagd fosfaat in afvalwater vrijwel volledig op te nemen met behulp van bacteriën. Dit betekent dat zuiveringsinstallaties in de toekomst met veel minder chemicaliën dan gebruikelijk het meeste fosfaat uit het afvalwater kunnen verwijderen. Deze werkwijze is niet alleen goedkoper maar levert ook minder chemisch slib als afvalprodukt op. De 'Wageningse' resultaten werden op 24 september gepresenteerd tijdens het internationale congres voor biologische fosfaatverwijdering in Parijs.

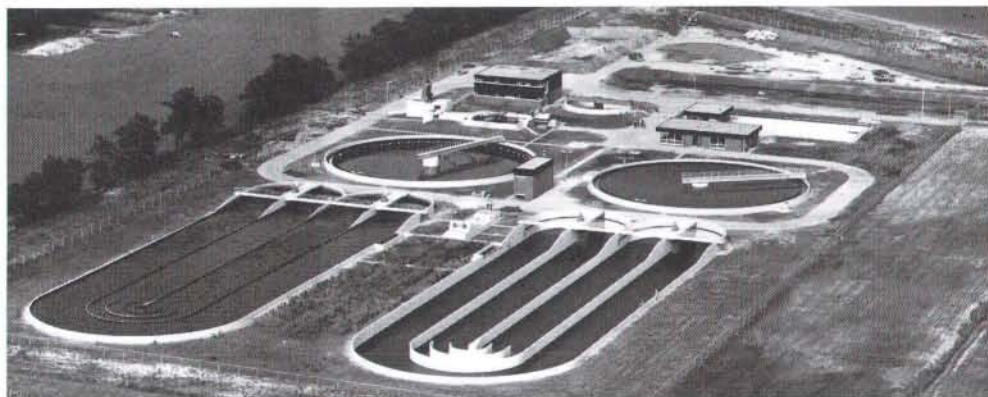
verstikking kan leiden. Een goede methode voor de zo volledig mogelijke verwijdering van fosfaat is dus noodzakelijk.

De huidige zuiveringsinstallaties kunnen het water grotendeels fosfaatvrij maken maar ze hebben daar veel chemicaliën voor nodig en produceren op die manier grote hoeveelheden, chemisch-biologisch slib, waarvoor moeilijk een bestemming te vinden is.

Het probleem is vervolgens dat de verblijftijd van het afvalwater in de Nederlandse installaties nogal lang is, waardoor een volledige verwijdering van fosfaat langs

terzuivering van de Landbouwhogeschool – 99% fosfaat uit het afvalwater verwijderd worden. In de proefinstallatie konden na toepassing van deze techniek geen fosfaat in het water meer aantonen.

De onderzoekers van de Landbouwhogeschool hebben hun succes te danken aan het incasseringsvermogen van de bacterie *Acinetobacter*, die eigenlijk alleen in een omgeving met zuurstof kan leven. Door hem een tijdje in een zuurstofarme omgeving onder stress te houden, gaat hij zijn overlevingsmechanisme aanspreken. Dat gaat gepaard met de afgifte van fosfaat, dat de bacterie eerder onder gunstige, dus zuurstofrijke, omstandigheden heeft opgenomen. De vak-



Rioolwaterzuiveringsinstallaties kunnen dank zij de bacterie *Rectinobacter* het fosfaat beter kwijt.

Het fosfaat dat in huishoudelijk afvalwater zit komt grotendeels van twee bronnen: faeces en wasmiddelen. Ook als alle wasmiddelen fosfaatvrij zullen zijn – en dat is naar verwachting in 1987 – dan nog zal via het rioolwater een grote hoeveelheid fosfaat in het oppervlaktewater (rivers, meren) terecht komen. Daar veroorzaken zelfs zeer lage fosfaatgehalten algengroei die tot

biologische weg in de bestaande installaties niet mogelijk is; dit vindt zijn oorzaak in redenen die met de juiste slibvorming (bacteriemassa) te maken hebben. Daarom is een kunstgreep nodig: door het fosfaat met behulp van bacteriën te concentreren vóór het chemisch neergeslagen wordt, zijn veel minder chemicaliën nodig en kan toch – zo blijkt uit de resultaten van de vakgroep Wa-

groep waterzuivering past dit principe toe door een deel van het bacterieslib af te tappen naar een ruimte met een lage zuurstofconcentratie; het opgenomen fosfaat komt dan snel en in geconcentreerde vorm vrij, waarna het neerslaan veel efficiënter kan. Omdat het fosfaat met deze methode geconcentreerd vrijkomt, dient zich in principe de mogelijkheid aan fosfaat terug te winnen voor commercieel interessant hergebruik.

(Persbericht LH Wageningen)

Cellen in 3-D

Nu een aantal jaren de mogelijkheid bestaat om driedimensionale röntgenbeelden te maken van het binnenste van het menselijk lichaam, is de volgende stap alweer gezet. Een onderzoeksteam van het Massachusetts Institute of Technology, onder leiding van prof. Alan Nelson, heeft een techniek ontwikkeld om driedimensionale beelden met een elektronenmicroscopie te maken. Bij de CAT-scan, zoals de röntgentechniek genoemd wordt, wordt een orgaan vanuit vele hoeken door een ronddraaiende röntgenstraal opgenomen. Een com-

straal door een uiterst dun plakje dat van het object is afgesneden gestuurd wordt.

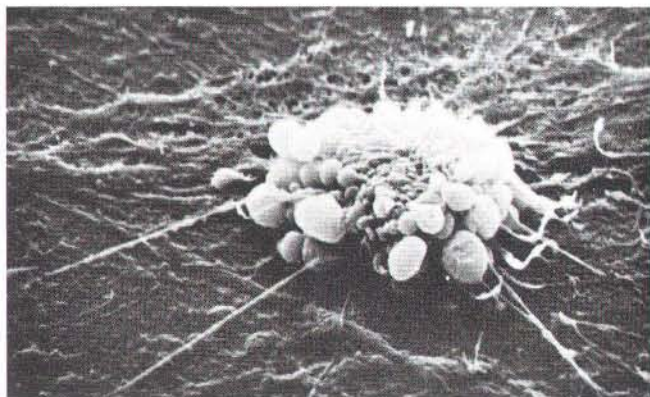
Een groot praktisch probleem werd gevormd door het feit dat normaal gesproken de objecten bij elektronenmicroscopie zich in vacuüm bevinden. Omdat juist gezocht werd naar een techniek om levende cellen te kunnen bekijken, moest daarvoor een oplossing gevonden worden; immers levende cellen kunnen in vacuüm niet bestaan.

Nelson loste dit op door in de microscoop een speciale voorziening in te bouwen waarin zich het object in lucht bevindt, maar die zo is ingericht dat de elektronenstraal slechts een paar millimeter door lucht moet alvorens het object te treffen.

doel is de studie van de cytokinese, de bewegingen van cellen, de celdeling en de celdeling. De techniek maakt het ook mogelijk om voor het eerst de uitwerking van chemische stoffen op levende cellen te zien. Bekend is dat cellen die tot kankercellen worden, van vorm veranderen, wellicht krijgt men nu inzicht in de vraag hoe dat gebeurt.

Er zijn ook niet-biologische toepassingen denkbaar. In de eerste plaats denkt men daarbij aan de driedimensionale bestudering van kristallisatieprocessen en onderzoek naar het gedrag van de bekledding van reactorvaten uit kerncentrales.

(MIT-report)



Een levende macrofaag uit de long. Deze cel, die ongeveer 50 μm groot is, heeft een functie in het opruimen van vreemde indringers in de long.

puter verwerkt dan de beelden tot een driedimensionaal beeld, dat tweedimensionaal wordt weergegeven. Nelson's techniek doet in principe hetzelfde, maar dan op submicroscopisch niveau.

De techniek is zowel geschikt voor scanningelektroenmicroscopie waarbij de oppervlakte van het object bekeken wordt, als voor transmissie-elektronenmicroscopie, waarbij de elektronen-

De eerste resultaten zijn veelbelovend. Bijgaande foto laat het beeld zien van een levende macrofaag, afkomstig uit een long. Achtereenvolgende opnamen maken het ook mogelijk het verloop van processen te volgen.

Zo heeft men al de vormveranderingen van het eiwit collageen, afkomstig uit bindweefsel, geobserveerd op het moment dat het water absorbeert. Een volgend on-

Darwin had het moeten weten

In het diepe zuiden van Venezuela, tegen de Braziliaanse grens, schijnt men een hoogvlakte van honderd bij zeventig kilometer gevonden te hebben die compleet van de rest van de wereld afgezonderd is door diepe kloven. Ze ligt op drieduizend meter hoogte, verloren in de wolken. Vandaar de naam 'Neblina', de mistige. Zoals te verwachten uit de vondsten van Darwin op Galapagos, bevat het plateau een schat aan unieke levende wezens. Men heeft al 600 soorten vogels, nieuwe vleermuizen, larven, gigantische spinnen, nieuwe planten, enz. Zowat negentig procent van de soorten die op het 'eiland' leven zouden nergens anders te vinden zijn. Neblina wordt dan ook sedert begin dit jaar belegerd door horden wetenschappers. Als Darwin dit nog had kunnen meemaken

(Sciences et Avenir)

Rond de wereld in twaalf dagen

Jules Verne liet ballonreizigers in 80 dagen rond de wereld reizen. De Amerikaan Burt Rutan heeft een vliegtuigje ontwikkeld dat de 40000 km van hier tot hier in twaalf dagen aflegt, *zonder tussenlanding*. De Voyager heet zijn creatie.

Rutan, in het wereldje van vliegtuigontwerpers bekend voor zijn tamelijk buitenissige ontwerpen, heeft twee jaar aan de Voyager gewerkt. En qua vormgeving zichzelf overtroffen. Het toestel heeft een spanwijdte van 33,77 m, de gemiddelde koorde van de vleugel bedraagt echter maar één meter. De bijna acht meter lange romp bevat ruimte voor twee vliegers (inclusief een slaapplek) en twee motoren; één in de neus en één achter in de romp, die de duwschroef aandrijft. De roeren bevinden zich in twee staartbomen, aan weerszijden van de romp. Staartbomen is niet hele-

maal het juiste woord, want het toestel is van het *eend-type*: het hoogteroer, normaal zit dat aan de staartvleugels, bevindt zich bij de Voyager aan twee vleugels tussen staartbomen en rompneus.

De hele constructie weegt slechts 843 kg, dankzij een uitgekiend gebruik van de lichtste kunststoffen. Zijn de 16 brandstoftanks echter vol, dan weegt het toestel ruim 4000 kg meer. Het neemt dus ca. vijf maal zijn eigen gewicht aan brandstof mee. Bij tot nog toe bestaande typen kon hooguit het eigen gewicht aan brandstof meegenomen worden. Dat het toestel non-stop de wereld rond kan, hangt ongetwijfeld voor het grootste deel samen met het geringe gewicht, de bijzondere aerodynamica en de enorme hoeveelheid brandstof die meegenomen kan worden.

Tijdens de vlucht zal de gemiddelde snelheid ongeveer 140

km·h⁻¹ bedragen. De route loopt van Edwards Air Force Base in Californië, via Hawaï, Australië, Zuid Afrika, Brazilië en Cuba terug naar Edwards.

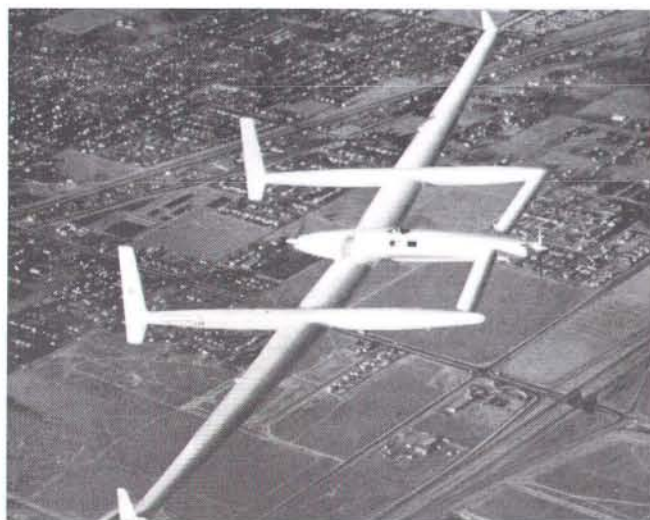
Als alles goed gaat zullen dan zo ongeveer alle afstandsrecords in de luchtvaart gebroken worden. Het wereldafstandsrecord staat met 20164 km op naam van de bemanning van een B-52 bommenwerper, na een vlucht van Okinawa naar Madrid. Voor schroefvliegtuigen is het record 18077 km, na de vlucht van een Lockheed Neptune van Australië naar Ohio. Vluchten rond de wereld zijn nooit zonder tussenlanding of bijtanken in de lucht gemaakt. Rutan zet alles op alles om zijn Voyager volgend voorjaar de eerste te laten zijn.

(Sciences et Avenir)

Correctie

In het artikel 'Zwavelzuur, koningin der chemicaliën' is een storende fout geslopen. Op een aantal plaatsen worden energieën gegeven in joules. De bijbehorende waarden moeten echter met 3600 vermenigvuldigd worden. In het manuscript werd de eenheid Wh gebruikt, zoals in Scandinavië gebruikelijk is. In dit blad gebruiken we echter de SI-eenheid J. Vergeten was dat 1 Wh = 3600 J.

In hetzelfde nummer is op pag. 713 een foto van een leverpunctie afgebeeld met als bijschrift dat het om een riskante ingreep gaat. Er is inderdaad sprake van een groot risico, wanneer de lever, zoals op de foto, van links benaderd wordt. De lever bevindt zich immers rechts in de buikholte. Zo was de foto ook gemaakt, hij is alleen in spiegelbeeld afgedrukt.



De Rutan Voyager zal non-stop rond de wereld vliegen. Voor alle duidelijkheid: het vliegt naar rechts.



Londen-Melbourne in drie dagen?

Wat de K.L.M. betreft, heeft er, zooals men weet, langen tijd onzekerheid bestaan over de vraag, met welke toestellen aan de races zou worden deelgenomen. Oorspronkelijk had de K.L.M. met twee machines ingeschreven, een Douglas D.C.2 (een snel Amerikaansch verkeersvliegtuig, waarvoor Fokker de licensierechten heeft verkregen) voor de speed- en handicaprace en de ons allen welbekende F.36 voor de handicaprace. De F.36 zal echter niet tijdig ingevlogen en beproefd zijn en men heeft daarom besloten, alleen de Douglas D.C.2 in de speed- en handicaprace te laten meevliegen. Met deze machine, die juist een dezer dagen door haar toekomstigen gezagvoerder, Parmentier, uit Amerika is overgebracht, zal onze K.L.M. ongetwijfeld een goed figuur slaan. Uitgerust met twee Wright Cyclone (luchtgekoelde) motoren van 700 pk elk, ontwikkelt deze geheel metalen machine een maximum snelheid van ca. 335 km per uur. Zij kan, behalve de bemanning, bestaande uit 1en en 2en bestuurder,

marconist, mecanicien en hofmeester, 14 passagiers vervoeren. Voorts is dit vliegtuig uitgerust met een gedeeltelijk intrekbaar landingsgestel, remklappen, landingslichten enzovoort.

In tegenstelling met het eerste plan zal de D.C.2 zonder extra benzinetanks, dus geheel als een normaal verkeersvliegtuig, aan de race deelnemen. Hieruit blijkt dus wel duidelijk, dat het de K.L.M. er niet om te doen is een prijs te veroveren, doch dat alleen uit commerciële overwegingen tot deelneming is besloten, teneinde het buitenland te laten zien waartoe ons land, met zijn regelmatigigen dienst op den langsten luchtweg ter wereld, in staat is.

Bovendien wordt ons land vertegenwoordigd door den Postjager. Feitelijk is dit vliegtuig met zijn maximum snelheid van 360 km per uur de eenige Nederlandsche en waarschijnlijk zelfs Europeesche machine, die het tegen de snelle Amerikaansche machines kan opnemen. Laten wij hopen, dat de Postjager in dit geval wat fortuinlijker zal zijn dan bij zijn tocht naar onze overzeesche gewesten!



Natuurlijke

In *Natura* van 15 Sept. komen Hofker van Van Rijsinge tot de conclusie, dat wateronttrekking voor de waterleiding wel degelijk een groot gevaar beteekent voor flora en fauna der duinen.

Weer eens de trieste strijd tusschen natuur en techniek! Wat meer natuurliefde bij de technici, wat meer eerbied voor de techniek bij natuurliefhebbers . . . zou er niet dikwijls een compromis gevonden kunnen worden?



Schepen met vinnen

De „ideale” schroef is nog lang geen ideale scheepsvorstuwer. Het is nu maar de vraag, of men een beter werktuig kan vinden.

De oplossing, die Heudorf voor dit probleem gevonden heeft, is even eenvoudig als vernuftig. Hij is blijkbaar geïnspireerd door de beweging der vinnen van sommige waterdieren. „Hoe kan ik” — moet zijn gedachtengang zijn geweest — „een soort vin of vleugel construeeren, die met krachtigen slag het water achteruitslaat en vervolgens weer naar voren komt zonder een

noemenswaardigen weerstand in het water te wekken?” Bij de zwempooten van sommige vogels en bij zeehonden bijv. wordt dit bereikt door een om- en opvouwen der voeten, doch een dergelijke constructie is technisch onuitvoerbaar. Hetzelfde resultaat kan echter bereikt worden, wanneer men aan een vinvormig orgaan een dubbele werking geeft: een draaiende beweging om het vaste uiteinde en een heen en weer slaande beweging. De resultante van deze twee geeft de beweging van den voortstuwer van Heudorf. Deze lijkt ingewikkelder dan zij is!



TWEEDE REIS MET KERST NAAR KILIMANJARO TANZANIA

natuur
en
techniek



Het vorig jaar rond Kerstmis maakten ca. 35 personen, in twee groepen, een reis naar Tanzania.

De drie hoofddoelen waren:

- Beklimming Kilimanjaro (voor niet klimmers was er een alternatief programma)
- Safari: een intense confrontatie met een aantal top-parken
- Een bezoek aan Olduvai-Gorge, de vindplaats van Leaky's: *Zinjanthropus*

De reis was een succes. Een aantal aspirant-deelnemers kon helaas, door omstandigheden, niet meegaan en verzocht ons de mogelijkheid te overwegen nóg eens deze reis te organiseren, temeer daar er o.i. in bredere kring(en) een grote belangstelling bestaat voor deze doelen.

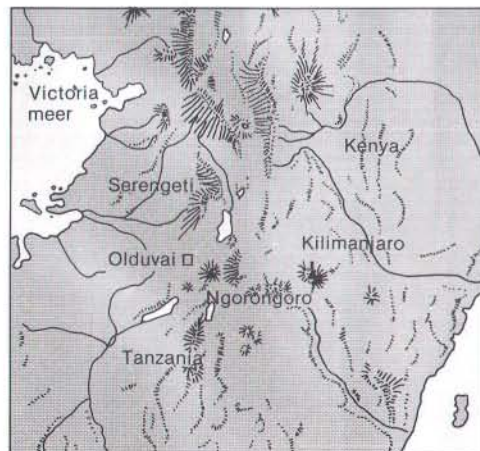
Natuur en Techniek, wederom in samenwerking met de in dit soort reizen gespecialiseerde Laatste Paradijzen Excursies (L.P.E.), is dan ook verheugd U op deze reismogelijkheid te wijzen.

Reisduur: 17 dagen

Reisdata: 21 dec. 1984 tot en met 6 jan. 1985

Reisprijs: (onder enig voorbehoud gezien de constant wisselende dollarkoers): \pm f 5500,-. Deze prijs is all-in. (Niet inbegrepen zijn: verzekeringen, vaccinaties, visumkosten, fooien en uitgaven van pers. aard, zoals drank, wasgoed, etc.)

De reis zal zeker doorgaan aangezien nú reeds het vereiste min. aantal is overschreden. De groepsgrootte zal max. 18 pers. bedragen. Indien U meer informatie wenst en/of wenst in te





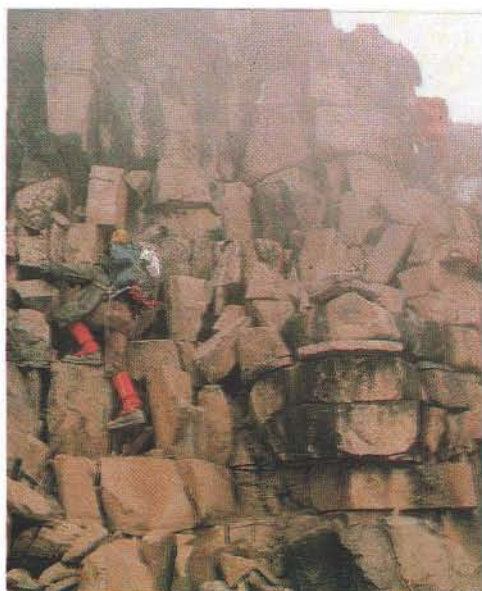
schrijven gelieve U te schrijven
of te telefoneren naar: Natuur
en Techniek - Postbus 415 -
6200 AK Maastricht - telefoon:
043-54044.

Voor Belgische abonnees tele-
foon: 0031-4354044.

Wij zullen dan zo spoedig moge-
lijk óf telefonisch óf schriftelijk
contact met u opnemen.

Natuur en Techniek

Het bestuur van de Stichting
Laatste Paradijzen



Biotechnologie, DNA-recombinatie, maatschappelijke gevolgen van micro-elektronika

Met vragen over deze drie onderwerpen (ook voor scriptie of werkstuk) kunt u terecht bij de

Dienst Wetenschapsvoorlichting
N.Z. Voorburgwal 120
1012 SH Amsterdam

tel. (020) 23 23 04, vragen naar de heer Knip.

Vermeldt bij uw vraag s.v.p. deze advertentie.

Dienst Wetenschapsvoorlichting

natuur en techniek

In een oplage van 50 000 exemplaren verschijnt het maandblad *Natuur en Techniek*, het enige multidisciplinaire tijdschrift in de Nederlandse taal over de ontwikkelingen in de natuurwetenschappen en de techniek. Belangrijke onderzoekers vertellen aan een breed publiek over de vorderingen op hun gebied. *Natuur en Techniek* brengt de lezer op de hoogte van feitelijke ontwikkelingen in wetenschap en techniek, zodat ze zelf hun oordeel kunnen vormen en dat eventueel kunnen toetsen aan dat van anderen. Het tijdschrift is daardoor een schakel van betekenis in de communicatie tussen wetenschap en samenleving.

Voor het opzetten van een illustratie- en tijdschriftenarchief vragen wij een

MEDEWERK(ST)ER

Taken

- Het zelfstandig opzetten en beheren van een illustratie- en tijdschriftenarchief.
- Het assisteren van de redactie bij de illustratieresearch.

Vereisten

- Een op de functie gerichte opleiding (bijv. Frederik Muller Academie).
- Kennis van en affiniteit met automatisering van gegevensverwerking in documentatie, boekhandel en/of uitgeverij.
- Belangstelling voor de natuurwetenschappen.
- Actieve beheersing van de Engelse taal en passieve beheersing van de Franse en Duitse taal.
- Zelfstandig kunnen werken.

Bijzonderheden

In verband met de huidige samenstelling van het redactieteam worden vrouwen uitdrukkelijk verzocht te solliciteren. Bij gelijkwaardige geschiktheid zal aan hen de voorkeur worden gegeven. Een part-time dienstverband is mogelijk. Aanstelling geschiedt in principe voor één jaar, waarna verlenging van de aanstelling tot de mogelijkheden behoort.

Sollicitaties

Schriftelijke sollicitaties met gegevens omtrent personalia, opleiding en (eventuele) ervaring dienen binnen veertien dagen na verschijnen van dit blad gericht te worden aan de hoofdredacteur van *Natuur en Techniek*, de heer Th.J.M. Martens, Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Inlichtingen kunnen ingewonnen worden bij Huup Dassen, tel. 043-54044.

ALS IEMAND U DIT KAARTJE LAAT ZIEN, KUNT U BETER WAT DUIDELIJKER ZIJN.



Als iemand u laat weten dat hij of zij doof is, zorg dan dat uw gezicht goed zichtbaar is, spreek langzaam en dui-de-lijk en herhaal zonodig dingen of schrijf ze op.

Zo bevordert u het contact. En dat is belangrijk. Want dove mensen horen er bij. **SIRE**